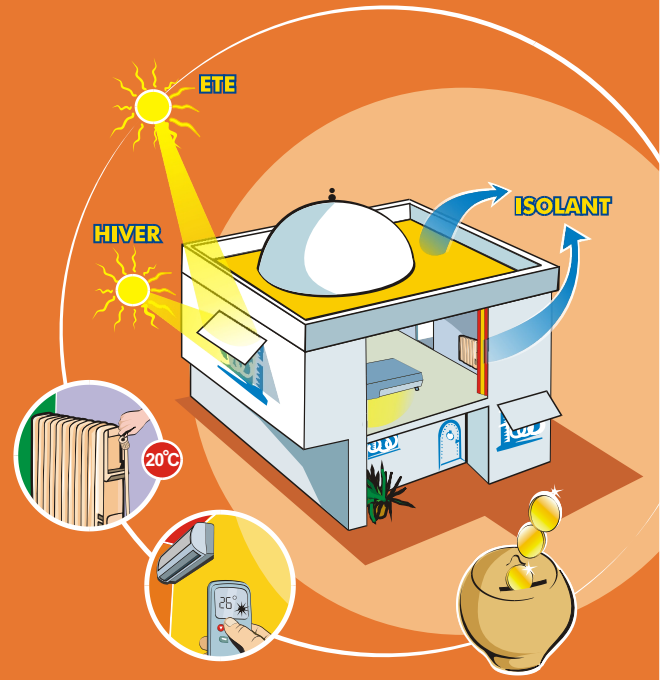
Règlementation Thermique et Energétique
Confort Thermique et Economie d'Energie

REGLEMENTATION THERMIQUE ET ENERGETIQUE
DES BATIMENTS NEUFS EN TUNISIE

GUIDE PRATIQUE DE CONCEPTION DE LOGEMENTS ÉCONOMES EN ÉNERGIES



ANME

3, Rue 8000, Monplaisir - 1073 Tunis (BP 213)
Tél. :(216)71 787 700 -
Fax :(216) 71 784 624
e-mail : boc@aner.nat.tn

Le Kef : Av. Mongi Slim - 7121 Le Kef
Tél. :(216) 78 227 408/(216) 78 228 515
Fax :(216) 78 229 194

Sidi Bouzid : Rue Ahmed Tlili - Cité Nour El Gharbi - 9100 Sidi Bouzid
Tél. :(216) 76 622 260/(216) 76 621 260 -Fax (216) 76 620 260

Gabès : Av. Habib Bourguiba - 6000 Gabès
Tél. (216) 75 275 435/(216) 75 275 423 -Fax (216) 75 275 442

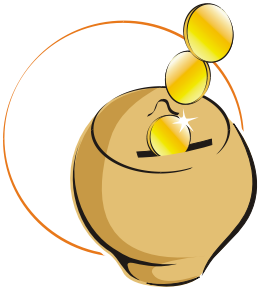
ANME

Vous comptez construire une maison ou acheter un appartement ?

- Vous avez le souci de la qualité de l'ambiance dans votre logement ?
- Vous avez, sans doute, bien étudié votre plan de financement, mais avez-vous pensez aux charges d'exploitation relatifs au chauffage et à la climatisation de votre logement et donc à l'équilibre de votre budget ?
- Au même temps, vous n'êtes pas insensible à la qualité et au devenir de l'environnement de notre planète ?

Ce guide vous aidera à établir les critères de choix qui tendent à satisfaire ces trois objectifs à la fois...

En effet, dans le contexte climatique de la Tunisie, il est tout à fait possible d'obtenir un meilleur confort thermique dans les logements tout en réalisant des économies de l'énergie de chauffage et de conditionnement.
Il vous faut pour cela appliquer un certain nombre de principes fondés, visant à améliorer la qualité thermique et énergétique de la construction.
Cela permettra à votre logement d'être sain, confortable, agréable à vivre et économe.



Choix des équipements

Au cours de l'étude de votre projet, vous allez devoir réfléchir et prendre des décisions concernant :

- l'installation de chauffage
- la production d'eau chaude sanitaire
- la climatisation
- l'éclairage

L'eau chaude et l'éclairage sont bien entendu, indispensables, et la question est seulement de savoir pour quel type d'équipements vous allez opter.

En revanche, pour les installations de chauffage et de climatisation, la question est d'abord de savoir si vous en avez vraiment besoin.

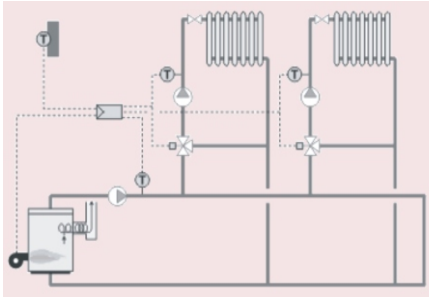
- Si vous avez tenu compte des considérations thermiques et énergétiques, aussi bien lors de la conception même du bâtiment, que lors du choix des matériaux et des techniques de construction, (deux première chapitres), si vous gérez bien vos ouvertures, vous pourrez très probablement vous passer de climatiseurs. Si vous n'êtes pas très frileux, que vous êtes prêts à mettre un pull supplémentaire l'hiver et à accepter de petites fluctuations de température, vous pourrez aussi vous passer d'un équipement lourd de chauffage, et vous contenter d'appareils légers (type radiateurs à bain d'huile) à faire fonctionner un petit nombre de soirées par an.

- Si vous êtes plus exigeants au niveau du confort thermique, vous devrez installer un équipement de chauffage continu, et peut-être même un équipement de climatisation. Les questions qui se posent alors concernent le choix de la source d'énergie, et celui du type d'équipements.

Le Chauffage

Il existe un grand nombre de solutions possibles pour ces deux postes. Votre choix devra tenir compte de :

- L'importance de vos besoins d'énergie pour le chauffage, mais aussi pour l'eau chaude
- La disponibilité des énergies
- Le coût des énergies disponibles
- Le niveau de confort offert par chaque système
- Les émissions de polluants engendrées par chacun

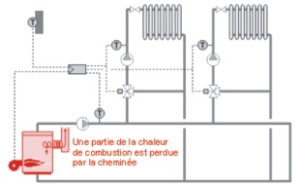


Chaudière
à brûleur radiant modulant
avec ventilateur

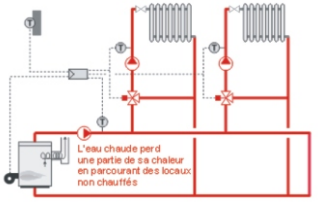
Circulateur à vitesse variable

Plafond
chauffant

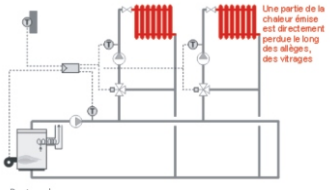
Vanne thermostatique



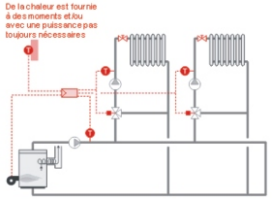
Production



Distribution



Emission



Régulation

Choix des équipements

Le choix de la source d'énergie

Les principales sources d'énergie disponibles en Tunisie sont :

- le gaz naturel·
- le fuel·
- L'électricité·
- Le soleil

Sur le plan de la dépense énergétique, le solaire est gratuit ! .. mais il nécessite des investissements plus coûteux que les sources conventionnelles. Pour la production d'eau chaude, il représente une excellente solution !

Votre choix dépendra en grande partie du coût unitaire de la chaleur produite, et aussi de la disponibilité de la source dans votre région. Il faut savoir qu'en Tunisie, le prix du gaz naturel distribué à travers les réseaux de la Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz (STEG) est relativement bas.

Dans un lotissement alimenté par le réseau de gaz naturel, vous aurez probablement intérêt à opter pour un système de chauffage central, avec une chaudière à gaz produisant aussi l'eau chaude sanitaire. En termes de coût global, comprenant l'investissement pour l'acquisition et le montage des équipements, la consommation et l'entretien, les performances d'un tel système sont excellentes.

Conseils

Plus vos besoins en énergie sont importants, plus vous avez intérêt à privilégier l'énergie la moins chère, même si l'installation est plus coûteuse à l'investissement. Les économies réalisées sur votre facture de chauffage seront significatives, et le surcoût sera rapidement amorti.

Pour atteindre ces objectifs :
1.Envisager des modes de production adéquats permettant éventuellement une réduction des consommations d'énergie primaire
2.Choisir un combustible permettant les meilleurs rendements des équipements,
3.Choisir des équipements qui ont le meilleur rendement maximal et bien dimensionnés.

Le choix de l'installation de chauffage

Dans le cas d'un logement, il existe deux grandes familles de chauffage :

- le chauffage central individuel
- Le chauffage divisé

Le chauffage central individuel

La chaleur est produite à un seul endroit, soit par une chaudière raccordée à un conduit de fumée, soit par une pompe à chaleur, soit par des capteurs solaires. La puissance de l'installation dépend de la grandeur du logement et de sa qualité énergétique (implantation, orientation, fenêtres, isolation ...), c'est-à-dire de l'ensemble des choix techniques et architecturaux qui ont été discutés plus haut.

La production de chaleur

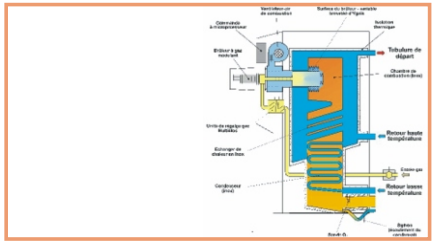
Les chaudières

Ces dernières années, des progrès considérables ont été réalisés sur les chaudières, faisant passer le rendement de ces équipements de 70% à 85%.

Chaudière sur Socle — Chaudière Murale

Les chaudières à condensation ont d'excellentes performances si le chauffage fonctionne à basse température (de 30°C à 40°C). C'est aussi le cas pour une production de chaleur par des capteurs solaires. Dans ces deux cas, il est alors très intéressant de fonctionner à basse température avec des émetteurs de grandes dimensions : plancher chauffant ou radiateurs de grande surface.

Les fumées passent au travers d'un échangeur alimenté par l'eau froide revenant des radiateurs. Or les fumées contiennent de l'eau, à l'état de vapeur. Cette vapeur va condenser, former des gouttes (à évacuer vers l'égout) et préchauffer l'eau froide. Cette technique peu apporter en pratique de 6 à 9 % d'amélioration de rendement. Mais elle n'est courante que pour le gaz.



Conseils

Pour une chaudière murale à gaz à double service (chauffage et eau chaude ou eau chaude seulement), il serait préférable de choisir un appareil à allumage électronique. Vous éviterez ainsi les pertes de chaleur inutiles lorsqu'on est en dehors de la saison de chauffage et qu'il n'y a pas de puisage d'eau chaude sanitaire.

Choix des équipements

Les pompes à chaleur

Une pompe à chaleur (PAC) est une machine thermodynamique qui puise la chaleur dans un milieu naturel appelé " source froide " comme l'air, l'eau ou le sol. Grâce à un apport en énergie électrique, elle transfère cette chaleur au fluide de chauffage (généralement de l'eau, mais parfois de l'air). Les pompes à chaleur " réversibles " assurent le chauffage l'hiver, et aussi le rafraîchissement l'été.
Le coefficient de performance (COP) d'une pompe à chaleur est le rapport entre l'énergie thermique qu'elle fournit et l'énergie électrique qui alimente le compresseur.
Un COP de 3 signifie que la PAC consomme 1 kWh électrique pour fournir 3 kWh thermique au logement. Cependant, il faut se rappeler que pour produire 1 kWh électrique dans une centrale thermique, on consomme plus de 3 kWh thermique fournis par du fuel ou du gaz.

Le plancher solaire direct.

Le plancher solaire direct utilise des capteurs solaires pour chauffer des locaux. Il s'agit d'une technique d'utilisation d'énergie solaire "active" c'est-à-dire utilisant des composants spécifiques, les capteurs solaires, dans lesquels la circulation de la chaleur est "activée" par une pompe (ou un ventilateur).
Pendant la saison de chauffage, le fluide caloporteur transporte la chaleur des capteurs vers des canalisations, enfouies dans la dalle du plancher, ou vers des radiateurs. Pendant les autres saisons, il alimente le ballon d'eau chaude sanitaire. Comme on l'a dit pour les chaudières à condensation, on a intérêt à avoir des canalisations assez rapprochées ou des radiateurs de grande surface, de manière à ce que le fluide caloporteur travaille à température assez basse, ce qui a pour effet d'augmenter le rendement des capteurs.

Les émetteurs de chaleur

Une fois produite, la chaleur est véhiculée à l'aide d'une pompe vers les émetteurs de chaleur qui peuvent être soit des radiateurs ou un plancher chauffant.

Les radiateurs

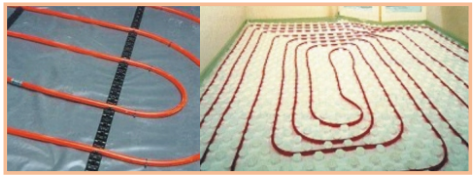
Le radiateur utilise simultanément le rayonnement et la convection pour distribuer la chaleur.
Il est équipé d'un organe de réglage et d'un robinet, manuel ou thermostatique.

Le robinet thermostatique permet de maintenir la température de la pièce à une valeur constante.

Les radiateurs les plus utilisés sont les radiateurs en acier, en aluminium ou en fonte.
Le tableau suivant présente les principaux avantages et inconvénients type différents types de radiateurs qui existent sur le marché tunisien.

Type de radiateur		Avantages	Inconvénients
Acier		Classique, léger, esthétique. Bonne inertie, mais réagit rapidement à la moindre sollicitation Robuste Peut être rajouté à une installation où existent déjà des radiateurs en fonte ou en acier (PAS en aluminium) Convient à toutes constructions (isolées ou non, inertes ou non)	Nécessite traitement anti-corrosion
Aluminium		Léger, esthétique, efficace Bon marché Montée en température rapide (faible inertie)Réagit rapidement aux commandes de la régulation Convient particulièrement à bâtiments très isolés	Longévité réduite
Fonte		Continue à rayonner longtemps après la chute de la température de la chaudière (inertie) Longévité : résiste bien à la corrosion Modularité : on peut ajouter des éléments au radiateur pour augmenter sa puissance Convient bien à des constructions lourdes	Montée en température plus lente (inertie) Poids élevé Plutôt cher

Le plancher chauffant



A condition d'être muni de canalisations suffisamment rapprochées dans lesquelles circule un fluide caloporteur à température pas trop élevée, le plancher chauffant offre une bonne qualité de confort.
Il permet de faire travailler avec de très bons rendements des générateurs de chaleur tels que pompes à chaleur, chaudières à basse température et à condensation, systèmes solaires …

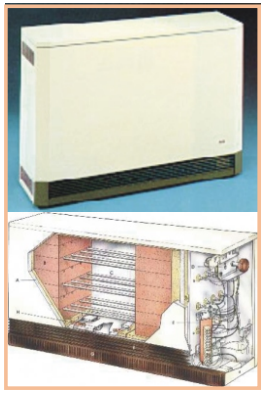
Le chauffage divisé

Chaque appareil de chauffage est autonome, c'est-à-dire qu'il produit et distribue à la fois l'énergie. Les sources d'énergie peuvent être :

- l'électricité
- le gaz ou le fuel

Les appareils électriques

Les convecteurs électriques



Le convecteur électrique est constitué d'un caisson métallique contenant des résistances.

L'air pénètre par le bas de l'appareil, s'échauffe au contact des résistances et ressort par le haut pour réchauffer la pièce.

Les résistances sont commandées par un thermostat pour établir la température souhaitée.

La qualité du thermostat influe sur l'importance des fluctuations de température.

Conseils

Conseils

Il vaut mieux prendre un convecteur avec une sortie d'air sur le devant de l'appareil pour permettre une meilleure diffusion de l'air chaud et éviter que la chaleur ne s'élève directement vers le plafond.

Les éléments radiants

Le panneau radiant, le plafond rayonnant et le plancher chauffant sont des émetteurs qui distribuent la chaleur par rayonnement. Le panneau est constitué d'un élément chauffant contenu dans un cadre métallique. Il peut être placé le long d'un mur, au plafond, ou dans le plancher. L'élément émet alors un rayonnement qui se réfléchit sur les autres surfaces.

Les équipements à énergie fossile

Il s'agit de poêles qui fonctionnent au pétrole ou au gaz. Souvent utilisés dans les logements tunisiens durant les années 80 et les années 90, ils sont difficiles à régler et présentent souvent l'inconvénient d'un mauvais rendement, allié au dégagement de fumées toxiques qui ne sont pas convenablement évacuées du logement.

Climatisation

La climatisation : un luxe ou une nécessité

Si dans la conception de votre logement, vous avez pu mettre en œuvre les recommandations architecturales et celles concernant les matériaux et les techniques des chapitre précédents, vous pourrez probablement vous passer de climatiseurs ou à la limite réduire son utilisation à un nombre de jours très limité dans l'année.

La climatisation : Pour ou contre

L'intérêt de l'installation d'une climatisation est plus discutable que celui d'un chauffage.

Avantages

La climatisation ou le rafraîchissement d'un logement mal conçu pour la saison chaude, produisent une amélioration du confort. Mais attention! Des écarts de température importants entre l'intérieur et l'extérieur peuvent causer des chocs thermiques, néfastes pour la santé … Les personnels qui travaillent dans des salles d'informatique où la température est maintenue à des niveaux assez bas, en savent quelque chose … Il est recommandé de ne pas dépasser une différence de température de 8 à 10°C entre l'intérieur et l'extérieur.
La climatisation est justifiée pour les zones arides et très chaudes (grand sud, régions à climat chaud et continental telles que Jendouba ou Gafsa) et pour les personnes très sensibles à la chaleur (personnes âgées non accoutumées, personnes atteintes de certaines maladies telles que l'asthme …); elle est également fort utile dans des zones très bruyantes où il est difficile d'ouvrir les fenêtres pour profiter de la fraîcheur nocturne.

Inconvénients

Inconvénients

L'installation d'une climatisation oblige à vivre toutes portes et fenêtres fermées quand elle fonctionne

Certains appareils, surtout individuels, peuvent être bruyants pour l'utilisateur et / ou pour ses voisins.

Les coûts d'achat et d'installation ne sont pas négligeables ; la consommation électrique est importante

La généralisation de l'emploi des climatiseurs crée des pointes de surconsommation en milieu des journées d'été qui causent beaucoup de problèmes à la STEG.

La fuite dans l'atmosphère des frigorigènes (panne, démontage mal fait ..) est nuisible à l'environnement, car ce sont des gaz à effet de serre.

Si vous souhaitez malgré tout installer une climatisation, une conception et une conduite rationnelles vous permettront le plus souvent de limiter son utilisation aux mois de juillet et août.

Climatisation ou Rafraîchissement

On parle de climatisation quand la température de l'air intérieur est maintenue dans des limites données ; on parle de rafraîchissement quand l'air subit un refroidissement modéré, non contrôlé.

STRATEGIE A ADOPTER LORS DE LA CONCEPTION D'UN LOGEMENT CLIMATISE

1-Limiter les apports solaires des façades :
- Optimiser les surfaces vitrées,·
- Prévoir des systèmes d'ombrage fixes et mobiles,
- Utilisation de vitrages appropriés.

2-Isoler le logement :
- Toiture,
- façades principales.

3-Veiller à la qualité de l'étanchéité des menuiseries

4-Compartimenter le logement (compartiment jour, compartiment nocturne, compartiment utilités)

Principe de fonctionnement

Les climatiseurs sont des machines frigorifiques. Comme un réfrigérateur, ils puisent de la chaleur dans une enceinte (une pièce ou un logement pour un climatiseur) dont ils abaissent la température. Grâce à l'absorption d'énergie électrique dans le compresseur, ils rejettent cette chaleur vers l'ambiance extérieure, dont la température est plus élevée. Il s'agit donc d'une machine thermodynamique comprenant un circuit fermé et étanche dans lequel circule un fluide frigorigène à l'état liquide ou gazeux, selon les organes qu'il traverse. Ces organes sont au nombre de quatre : l'évaporateur, le compresseur, le condenseur et le détendeur.

Dans le cas d'un logement, il existe deux grandes familles de systèmes de climatisation :

- Les systèmes individuels unitaires
- Les systèmes centralisés.

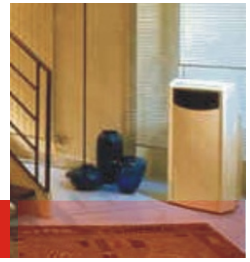
Les systèmes individuels unitaires

Ce sont des appareils de taille relativement réduite. Un appareil climatise une seule pièce.

Les Monoblocs

Le climatiseur mobile

C'est un appareil à faible puissance frigorifique, destiné à un usage local.
Son emploi se limite souvent aux situations provisoires.

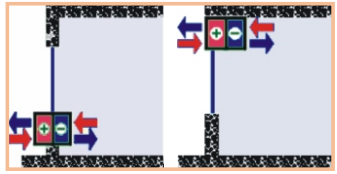


Attention ! *Ces appareils sont très energivores.*

Le window-Unit

Constitués d'une seule unité, ce sont des appareils peu coûteux, mais peu puissants et surtout bruyants.

Un seul moteur entraîne simultanément le compresseur et les ventilateurs.



Les split-systèmes

Ils sont constitués de deux unités : l'une, à l'extérieur, évacue l'air chaud. L'autre, à l'intérieur, souffle l'air rafraîchi. Elles sont reliées par des tubes où circule le fluide frigorigène.
Ces systèmes sont moins bruyants pour l'utilisateur que les monoblocs, la partie la plus bruyante étant à l'extérieur. Mais cet avantage peut être un inconvénient pour les voisins

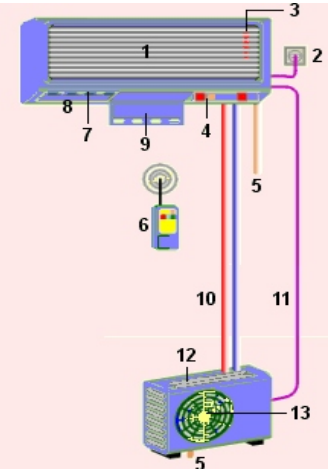
L'unité d'évaporation ou Evaporateur

L'unité de condensation ou Condensateur

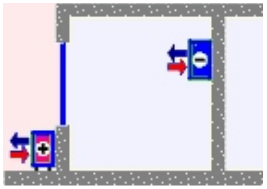
Choix des équipements

LE REFROIDISSEMENT DES APPAREILS

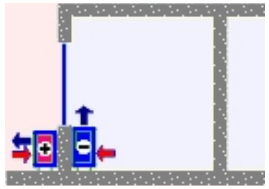
Le milieu vers lequel la chaleur est évacuée est généralement l'air, plus rarement l'eau. Dans le cas d'un refroidissement à air, il faut que le condenseur soit à l'extérieur : rebord de fenêtre, mur extérieur, toit, jardin ..
Si cette disposition est impossible, on peut installer un climatiseur à refroidissement à eau perdue : l'eau évacue les calories et le condenseur peut être installé à l'intérieur.



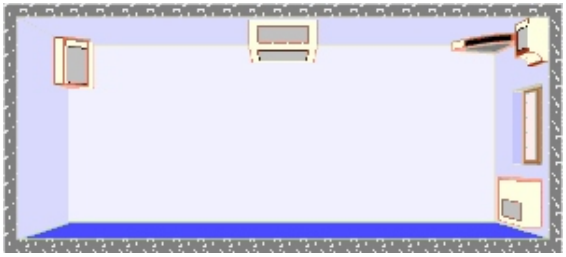
1Prise d'air intérieur - 2Alimentation électrique - 3Sonde de température - 4Commande unité d'intérieur - 5Evacuation du condensa - 6Télécommande - 7Volet réglable - 8Souffleur d'air - 9Filtre à air - 10Canalisation du fluide Frigorigène - 11Alimentation électrique - 12Prise d'air extérieur - 13Souffleur d'air



unité intérieure murale



Unité intérieure en console



Configurations possibles pour le choix de l'emplacement de l'unité intérieure

Conseils

Choix de la Puissance frigorifique : 7000 btu, 18000 btu ou plus, que choisir
Le choix de la puissance frigorifique à installer n'est pas une question de budget alloué à l'investissement initial. Il dépend essentiellement des caractéristiques du local dans lequel sera installé l'équipement. Ces caractéristiques sont :

1Fenêtres ensoleillées **2**Fenêtres non ensoleillées **3**Murs extérieurs ensoleillés **4**Murs extérieurs non ensoleillés **5**Murs intérieurs **6**Toiture ensoleillée **7**Plafond sous local non climatisé **8**Plafond sous comble **9**Plancher sur local non climatisé **10**Eclairage général par tube TL **11**Eclairage individuel **12**Equipements (télé, luminaires ...) **13**Occupants **14**Ventilation

Pour le choix de la puissance frigorifique, nous vous conseillons de faire appel à un professionnel, il saura vous guider dans votre décision.

Conseils

La tuyauterie réservée au liquide frigorigène doit être isolée d'une presque parfaite, nous vous conseillons donc d'exiger aux installateurs des tuyaux ainsi que des raccords pré-isolés.

Les systèmes centralisés

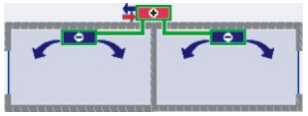
Un système centralisé climatise plusieurs pièces, la totalité du logement ou même d'un immeuble. Ces systèmes représentent un investissement important et nécessitent l'intervention de spécialistes compétents. Ils sont souvent réversibles. Les principaux systèmes sont le multi-split et la pompe à chaleur réversible.

Le multi-split

Une ou plusieurs unités de condensation sont reliées à des unités d'évaporations.
La longueur des tuyauteries ainsi que celle des câbles électriques doivent être bien adaptées.
La tuyauterie doit être parfaitement isolée, des tuyaux pré-isolés sont à prévoir.
Les travaux d'installation se réduisent à celles d'un split-système, à savoir :

- L'installation des unités extérieures,
- L'installation des évaporateurs,
- L'installation de la tuyauterie.

Il peut être installé dans un bâtiment déjà construit.



La pompe à chaleur réversible

Elle peut alimenter :

- Des ventilo-convecteurs
- Un plancher rafraîchissant (et chauffant). La température de surface ne doit pas être trop basse pour éviter la condensation de la vapeur d'eau sur le sol.
- Un réseau de gaines ; ce système est appelé climatisation centralisée à air. C'est un système coûteux mais performant, qui assure aussi la ventilation du logement.

Choix des équipements

Une pompe à chaleur (PAC) est une machine dont le but est de valoriser la chaleur gratuite présente dans l'environnement : celle présente dans l'air extérieur,. En effet, tout corps, contient une quantité importante d'énergie qui peut être récupérée.

La pompe à chaleur retire de la chaleur à une source dite "froide" et la rejette dans une source dite "chaude". Ce transfert fait appel à un processus forcé, puisque chacun sait que la chaleur se déplace de façon naturelle d'une zone chaude vers une zone froide.

Attention ! *Désormais, une PAC ne peut être installée qu'en cours de construction ou à l'occasion d'une rénovation lourde du bâtiment.*

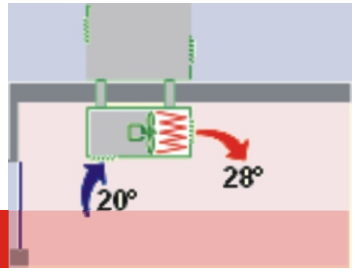
Les systèmes réversibles : Oui ou Non

On entend parler, de plus en plus, de climatiseurs CHAUD / FROID.

Ces équipements réversibles coûtent, certes, 10 à 15% plus cher mais ce surcoût reste quand assez réduit par rapport à une installation de chauffage proprement dite.

Faut-il souligner qu'il existe sur le marché deux systèmes différents de machines réversibles.

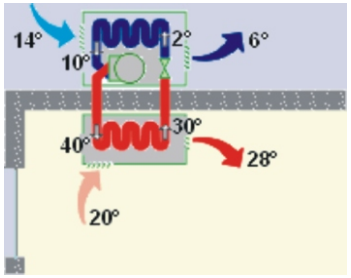
Système à résistance incorporée en fonctionnement direct.



Attention ! *Ces appareils sont très energivores.*

Système réversible capable de fonctionner en pompe à chaleur.

Dans ce type de système, le cycle peut être inversé grâce à l'utilisation d'une vanne spécifique : l'évaporateur devient condenseur et le condenseur devient évaporateur.



L'eau chaude Sanitaire

Le choix de l'installation d'eau chaude sanitaire

Il existe deux modes de production de l'eau chaude sanitaire :

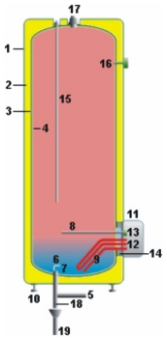
La production instantanée où l'eau est chauffée au moment de la demande.

Ces systèmes fonctionnent au :

- Gaz pour les chauffe-eau instantanés et les chaudières murales à double service.
- Le fuel pour les chaudières au sol à double service.

Le chauffe-eau mural raccordé à une installation gaz de ville

L'accumulation où l'eau est chauffée " à l'avance " et stockée dans un réservoir qui doit être bien calorifugé. Une résistance électrique plongée dans le ballon chauffe l'eau à la température de consigne souhaitée par l'utilisateur. Le chauffage de l'eau est assuré pendant les heures creuses où l'électricité coûte moins cher. Les chauffe-eau électriques instantanés ne sont pas pratiques, car la STEG ne souhaite pas (avec raison) installer de compteurs débitant de grandes puissances dans les logements. De toute façon, ce type d'équipement ne serait pas économique, puisque l'électricité serait soutirée au moment de la demande, c'est-à-dire le plus souvent en dehors des heures creuses, ce qui correspondent à des tarifs élevés.



1.Carrosserie
2.Calorifuge
3.Cuve
4.Thermovitrification
5.Prise d'eau froide
6.Brise-jet
7.Fond
8.Tube plongeur pour sonde de thermostat
9.Corps de chauffe
10.Pieds réglables
11.Capot de recouvrement
12.Raccordement électrique
13.Thermostat
14.Flasque
15.Anode en magnésium
16.Thermomètre
17.Prise d'eau chaude
18.Groupe de sécurité
Vidange à l'égout

Sources d'énergie et systèmes de production

Les énergies les plus utilisées sont :

- L'électricité pour les ballons à accumulation :
- Le gaz pour les chauffe-eau instantanés et les chaudières murales à double service.
- Le fuel pour les chaudières au sol à double service
- L'énergie solaire dans le cas de chauffe-eau solaires .
- Le chauffe-eau solaire permet d'alléger, de manière sensible, votre facture d'énergie et d'avoir un comportement citoyen en contribuant aux efforts importants de la nation pour assurer l'équilibre énergétique de la Tunisie et tenir ses engagements concernant la limitation des émissions de gaz à effet de serre.

Choix des équipements

Les chauffe-eau solaires sont composés de :

- Capteurs solaires thermiques, dans lesquels circule un fluide caloporteur, qui va transmettre la chaleur au ballon
- D'un ballon de stockage
- D'une pompe et d'une régulation s'il s'agit d'un système à circulation forcée

Conseils

Conseils

L'utilisation de tuyauterie pré-isolée est fortement conseillée, d'ailleurs, l'investissement correspondent est rapidement rentabilisé.

Bonne nouvelle

Bonne nouvelle !

Il est intéressant de savoir que des mécanismes de subvention sont actuellement mis en place pour vous aider à vous équiper d'un chauffe-eau solaire !

Renseignez-vous, notamment auprès de l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie.

Pour une famille de quatre personnes et un usage moyen, le modèle courant comporte 2 m^2 de capteurs avec un ballon de 200 litres.

Conseils

Conseils

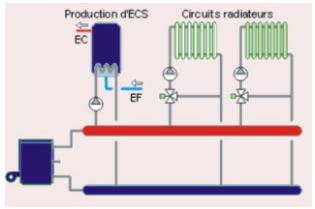
L'utilisation de tuyauterie pré-isolée est fortement conseillée, d'ailleurs, l'investissement correspondant est rapidement rentabilisé.

Combiner Chauffage et Eau Chaude Sanitaire

Pourquoi pas ?

Faut-il tout de même souligner que :

- Le rendement de la chaudière est maximum à basses températures.
- L'eau chaude sanitaire est chauffée à 60°C minimum.



Les systèmes d'éclairage

Entre éclairage naturel et éclairage artificiel, que choisir ?

L'éclairage naturel bien entendu, mais ce dernier est très variable en termes de qualité et d'intensité.
L'éclairage est un facteur important de la qualité de l'ambiance d'un logement. La lumière naturelle est celle qui offre le meilleur confort.

Conseils

Conseils

Puiser au maximum les qualités de l'éclairage naturel
Les variations de l'éclairage naturel au cours de la journée fournissent à l'organisme des informations sur le climat et l'heure et contribuent au bon fonctionnement de notre " horloge biologique ". Le lien avec l'environnement extérieur contribue aussi au bien-être psychologique de l'occupant. La lumière naturelle est celle qui offre le meilleur indice de rendu des couleurs (100%). L'indice de rendu de couleur (IRC) indique l'aptitude d'une source de lumière à ne pas déformer l'aspect habituel des objets qu'elle éclaire. Il varie de 60 à 100.

Environnement

En hiver, le passage de la lumière à travers les vitres permet un apport d'éclairage et un apport de chaleur, tous les deux appréciables.

En été, il faudra contrôler la pénétration de l'irradiation solaire dans le logement, pour éviter les surchauffes. Mais il faut faire attention à ce que les protections solaires utilisées ne conduisent à une utilisation excessive de l'éclairage artificiel. Outre le coût de l'éclairage lui-même, cela entraînerait une augmentation de la facture de climatisation à cause des apports internes générés par cet éclairage artificiel. Il y a donc en été un équilibre à trouver entre confort visuel et confort thermique ou dépenses de climatisation.

LUMIÈRE DIRECTE, LUMIÈRE DIFFUSE

1-Lumière directe (ciel dégagé) :

Flux important : peut être exploitée aussi bien pour l'éclairage naturel ou en tant qu'énergie thermique.

Par contre, elle provoque les surchauffes et elle est aussi une source d'éblouissement.

2-Lumière diffuse (ciel nuageux) :

Elle insuffisante pour assurer parfois même un minimum de confort visuel.

Par contre, elle ne provoque pas des surchauffes et très peu d'éblouissement.

Dans notre pays, la luminosité du ciel étant élevée, elle peut être éblouissante. Le recours à l'éclairage naturel nécessite des moyens de contrôle (rideau, persiennes entrecroisées, protections solaires...) tant pour le confort visuel que thermique.

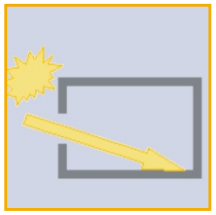
Choix des équipements

Désormais, la lumière naturelle dépend de plusieurs paramètres à savoir :

- Le moment de l'année (saison),
- Le type de ciel (ciel dégagé, nuageux ...),
- L'heure de la journée,
- L'orientation de l'ouverture,
- L'inclinaison de l'ouverture,
- Les obstacles liés au bâtiment et les obstacles d'environnement

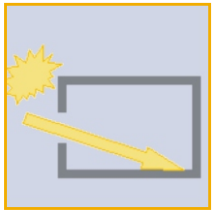
La saison

Soleil d'été
Lumière intense
et pas trés pénétrante



Soleil d'hiver
Lumière moins
intense mais
très pénétrant

Le type de ciel



Soleil d'hiver
Ciel clair

Soleil d'hiver
Ciel couvert

L'heure de la journée

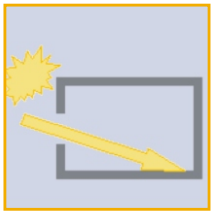
Soleil d'été
à 9h00

Soleil d'été
à 11h00

L'orientation de l'ouverture

Soleil d'été Matinée
Rayonnement
solaire maximum
sur les ouvertures
orientées EST

Soleil d'hiver Rayon-
nement solaire
maximum sur les
ouvertures



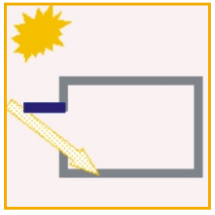
Soleil d'été Après-
midi Rayonnement
solaire maximum
sur les ouvertures
orientées OUEST

L'inclinaison de l'ouverture

Soleil d'été
11h00
Atrium

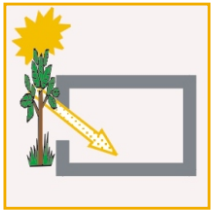
Soleil d'été
11h00
Ouverture
latérale

Les obstacles liés au bâtiment et les obstacles d'environnement



Brise-soleil sur fenêtre

Bâtiments



La végétation

Choix des équipements

L'éclairage artificiel et le confort visuel

L'éclairage artificiel

L'éclairage artificiel doit assurer :

- Une visibilité acceptable des objets et des obstacles,
- La bonne exécution des tâches sans fatigue visuelle exagérée,
- Une ambiance lumineuse agréable.

CRITERES DU CONFORT VISUEL

1-Un niveau d'éclairement suffisant
2-Une répartition harmonieuse de la lumière
3-L'absence d'éblouissement
4-L'absence d'ombre
5-Un rendu de couleur correct
6-Une teinte de lumière agréable

Le composant clé de l'éclairage artificiel domestique : la lampe

Dans le secteur résidentiel, on trouve deux types de lampes : les lampes à incandescence et les lampes fluorescentes.

Les lampes à incandescence

Les lampes classiques à incandescence
Ce sont des lampes à filament métallique plongé dans une atmosphère gazeuse. Le filament, parcouru par le courant électrique, est porté à très haute température afin d'émettre de la lumière. Ces lampes sont bon marché à l'achat et faciles à utiliser. Mais elles coûtent cher en consommation ; en effet, elles émettent de la chaleur en même temps que de la lumière, ce qui limite leur efficacité lumineuse.

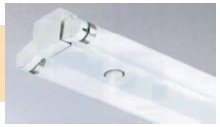
Les lampes à incandescence aux halogènes
Ce sont des lampes à filament de tungstène plongé dans une atmosphère gazeuse contenant des gaz halogènes. Elles produisent une lumière plus blanche que les lampes classiques.

Les lampes fluorescentes

Ce sont des lampes tubulaires dont l'ampoule est tapissée de poudre fluorescente. Cette poudre est rendue lumineuse par le rayonnement ultraviolet émis par une décharge dans la vapeur de mercure contenue dans l'ampoule.

les tubes fluorescents

Leur utilisation est limitée, généralement, à la cuisine et à la salle de bains.



les lampes basse consommation (LBC)

Dans cette dernière catégorie, on appelle lampes basse consommation de substitution (ou fluocompactes) celles qui s'adaptent aux mêmes culots que les lampes à incandescence classiques. On parle de lampes basse consommation d'intégration celles qui nécessitent un culot spécialement adapté aux luminaires destinés à les recevoir

LBC à culot classique

Culot spécial

Les avantages

Les avantages des lampes basse consommation

1-Une consommation d'électricité réduite (3 à 5 fois moins qu'une lampe classique)
2-Une durée de vie plus longue (6 à 10 fois plus importante)
3-La possibilité d'équiper avec des lampes basse consommation un luminaire n'acceptant que des lampes à incandescence de 40 ou 60 W
4-Un coût global inférieur. Il est vrai que ces lampes sont plus chères à l'achat, mais la différence de prix est vite amortie grâce à leur faible consommation
5-Un faible dégagement de chaleur réduisant les risques de brûlures
6-Une plus grande préservation des ressources fossiles et de l'environnement
7-Des améliorations techniques continuelles (forme, miniaturisation, électronique …) qui les rendent de plus en plus attrayantes.

Attention ! *Les lampes à incandescence montent rapidement en température lors de leur fonctionnement. Les enfants et les matières combustibles doivent être tenus éloignés de ces lampes. Avec une lampe halogène de 500 Watts, la température peut atteindre 600°C. Tous ces problèmes sont évités avec les lampes basse consommation.*

Conseils

Conseils

Les besoins de lumière pour la lecture et certaines activités augmentent avec l'âge. D'un autre côté, une lumière trop forte peut provoquer une gêne visuelle. Pour résoudre ces problèmes, vous avez intérêt à vous équiper de luminaires avec variateur d'intensité ou encore de multiples allumages (une, deux lampes ou plus) que vous utiliserez en fonction de vos besoins.

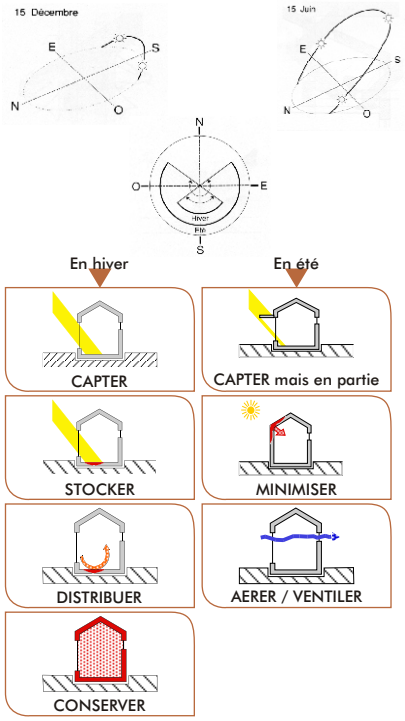
Dans les grandes pièces, les interrupteurs doivent permettre de gérer l'éclairage par zone. Vous les placerez de manière à permettre une extinction facile de l'éclairage (système va-et-vient).

Conception des bâtiments

Cette partie a pour objectif de vous doter de connaissances essentielles quant à la conception d'un bâtiment. Vous aurez toujours intérêt à vous adresser à un spécialiste (architecte, thermicien), qui vous aidera à trouver les bons compromis entre un ensemble de critères et d'exigences différents, quelquefois en contradiction ..
Les informations exposées ci-dessous devraient vous permettre de comprendre l'ensemble des facteurs qui influent sur la qualité du confort thermique de votre logement et sur votre facture d'énergie. Vous pourrez alors discuter avec les professionnels en connaissance de cause.
Les techniques de conception des bâtiments sont ici envisagées dans le cadre du milieu tempéré de la Tunisie ; il faudra adapter les conseils donnés à la géographie du lieu d'implantation, à son microclimat le cas échéant, à sa topographie et à tous les paramètres physiques spécifiques d'un site donné.

Principes généraux

L'architecture bioclimatique vise à tirer parti des caractéristiques du climat extérieur pour réaliser une ambiance intérieure confortable. Il s'agit donc de tirer parti des bienfaits du soleil, du vent, de la lumière..
Mais attention ! Tirer parti des éléments naturels ne veut pas dire être à leur merci..
Il faut donc exploiter ces éléments par le biais de composants contrôlables. Par exemple, pour profiter du soleil d'hiver, il ne faut pas favoriser l'irradiation des parois opaques (murs, toiture), parce qu'on ne peut guère agir sur leur ensoleillement en période estivale ..
Ce rôle de capteur solaire sera dédié aux fenêtres et baies vitrées, parce que la manipulation des persiennes et des stores permet d'admettre l'ensoleillement aux moments où il est souhaitable et de l'occulter quand il ne l'est pas.
De même pour le renouvellement d'air. Il ne faut pas accepter une mauvaise étanchéité des portes et fenêtres sous prétexte d'aération du logement. L'aération doit être faite de manière délibérée à travers des ouvertures contrôlables.



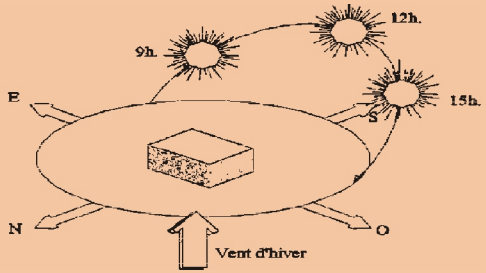
L'implantation du bâti

- Première étape :

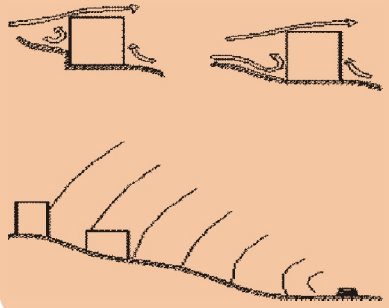
La première étape du projet de bâtir consiste à choisir le terrain. Dans la mesure du possible, vous choisirez un terrain permettant d'avoir une façade principale orientée vers le Sud, et assez dégagée. Un terrain dont l'axe Est-Ouest est plus long est préférable, car il permet d'avoir une façade Sud de plus grande surface.

- Deuxième étape :

La deuxième étape est le choix d'implantation du bâti par rapport au terrain. Ce choix d'implantation doit être particulièrement bien pensé car il influe directement sur le confort thermique du bâtiment, à cause de son incidence sur le rapport au soleil et aux vents dominants, ainsi que sur la forme globale du bâtiment.



Bien que la marge de manœuvre pour implanter un bâtiment soit assez restreinte en ville, il est conseillé de toujours garder à l'esprit quelques principes fondamentaux gouvernant le choix d'implantation. Ils doivent reposer sur une connaissance la plus fine possible des caractéristiques topographiques et climatiques du site, telles que la hauteur du site, le pourcentage de pente, le niveau et les variations de températures, les horaires d'ensoleillement, de brumes et de brouillard, les masques et les éléments proches (végétation, urbanisme) ou lointains (montagnes, mer) susceptibles de réduire l'insolation du bâtiment.



Vous placerez le bâtiment en une partie du terrain réduisant au maximum l'influence des masques en hiver de manière à profiter pleinement de l'énergie solaire. Par exemple, il est préférable d'implanter le bâtiment sur une pente, où les rayons solaires (pour l'hiver) et l'air (pour l'été) circulent naturellement, que dans un fond de cuvette. Une construction sur une partie en pente permet également de profiter de la fraîcheur relative du sol en été, afin de limiter les variations de température dans les pièces, en réalisant une construction semi-enterrée, à la manière des maisons traditionnelles du Sud (Matmata).

Mais attention : une règle fondamentale à respecter est qu'il faut adapter la maison au terrain et pas le contraire ! Par exemple, si durant l'hiver, à cause des masques présents sur le site, vous constatez une perte d'ensoleillement les premières heures du jour, il faudra orienter le bâtiment de quelques degrés vers l'Ouest.

Vous veillerez également à protéger la construction des effets des vents dominants, qui sont une source importante de déperditions thermiques (par effet de convection et par infiltrations). La protection pourra être assurée par le relief du terrain (naturel ou artificiel), par des brises vents végétaux, ou par des annexes bâtis. Ainsi, si par exemple vous prévoyez d'implanter un jardin, vous pouvez le placer du côté où les vents chauds sifflent en été, de manière à ce que l'écran végétal formé par les arbres filtre cet air et baisse sa température en l'humidifiant.

Orientation du bâti

Le choix d'orientation du bâti est déterminant pour le confort thermique et influe directement sur la facture énergétique de l'habitat.
C'est pourquoi ce choix doit être pensé avec le plus grand soin, de manière à tenir compte des exigences contradictoires d'été et d'hiver, ainsi que de la course du soleil et de la nature des vents dominants en chaque saison.

L'été, il s'agit de limiter les apports solaires et d'évacuer la chaleur, alors que l'hiver, il convient de profiter au maximum des apports solaires, et de se protéger des vents dominants.

De façon générale, vous préférerez une exposition principale Sud à toute autre exposition, car c'est la seule à être à la fois avantageuse été comme hiver : nous avons vu qu'elle permet un meilleur ensoleillement en hiver et une réduction des apports solaires en été. En outre, une orientation Sud apporte évidemment un éclairage satisfaisant, la maison étant éclairée naturellement aux heures les plus " intéressantes " de la journée, à midi et l'après-midi, ce qui garantit en plus des économies de chauffage une économie d'éclairage.

En dehors du Sud du pays, vous n'avez pas intérêt à choisir une exposition principale Nord, car vous priveriez votre logement des apports solaires, à la fois agréables et utiles en saison froide.

Les expositions principales Ouest et Est sont à éviter, car les rayons du soleil frappent de plein fouet (avec un angle d'incidence petit) les ouvertures, qui sont alors difficiles à protéger. Ceci est particulièrement dérangeant l'été, surtout pour l'exposition Ouest car les rayons solaires arrivent au moment le plus chaud de la journée.

L'orientation du bâti doit également être pensée de manière à avoir des parois aussi étanches que possible à l'air, et qui minimisent l'effet des vents indésirables (vents froids d'hiver et vents chauds d'été).

Résumé

Résumé

En résumé, une orientation principale Sud n'apporte que des avantages sur les plans du confort thermique, de l'économie de chauffage, de l'éclairage et de la protection aux vents dominants, alors qu'une orientation Nord est à proscrire. Méfiez-vous également de l'orientation Ouest, qui peut entraîner d'importantes surchauffes l'été.

Que faire alors lorsque le plus beau point de vue se trouve sur une orientation peu favorable (c'est-à-dire non Sud) ? Pour profiter des avantages de cette exposition tout en bénéficiant de la belle vue, nous vous conseillons d'opter pour des pièces de vie à double orientation (Sud et côté belle vue), tout en gardant la façade Sud comme façade principale

Forme, volumétrie et couleur du bâtiment

La forme architecturale et la volumétrie du bâtiment conditionnent les déperditions globales d'énergie, et aussi les apports solaires. "
Allez-vous opter pour un bâtiment étiré ou compact ?

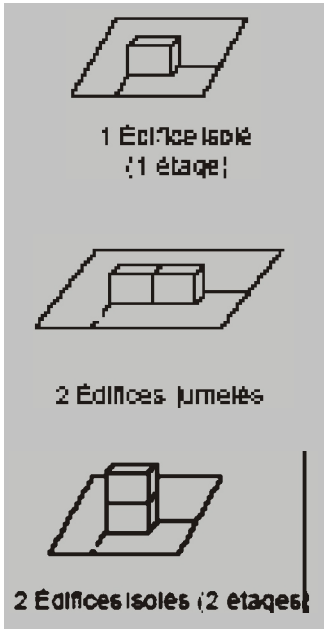
Le coefficient de forme du bâtiment est le rapport de sa surface par son volume (S/V). Plus ce coefficient est petit, plus les déperditions énergétiques durant l'hiver sont faibles, plus la consommation de chauffage est réduite.

En effet, pour une qualité d'isolation donnée (voir partie suivante), la dépense de chauffage sera proportionnelle à la surface des parois en contact avec l'extérieur.

Ainsi, au vu des exigences de chauffage durant l'hiver, il est conseillé d'avoir un coefficient de forme inférieur à 0,70.

De ce point de vue, une maison à étage obtient de meilleurs résultats qu'une maison avec uniquement un rez-de-chaussée.

Pour augmenter la compacité et réduire les pertes d'énergie l'hiver, on peut également envisager des constructions qui profitent, dans la limite du possible, du jumelage avec les voisins.



En revanche, la situation en saison chaude est différente. Durant les journées d'été, l'enveloppe du bâtiment tend à faire pénétrer de la chaleur à l'intérieur.
Dans ce cas, un coefficient de forme faible est favorable comme pour l'hiver.
Mais durant les nuits d'été, les parois permettent l'évacuation de la chaleur vers l'ambiance extérieure.
En plus de la convection par laquelle elles cèdent la chaleur à l'air extérieur, elles émettent un rayonnement thermique important vers la voûte céleste.
En effet par les nuits claires d'été, dans un climat semi-aride, la température du ciel est très basse et le rayonnement nocturne des parois vers le ciel les refroidit très efficacement !
Dans ce cas, un coefficient de forme élevé (grande surface d'enveloppe pour un volume donné) est très intéressant.
C'est l'une des raisons pour lesquelles les maisons à patio sont fraîches l'été : elles ont une grande surface d'enveloppe, dont une bonne partie est ombragée durant la journée (ombre mutuelle des ailes du patio).
Vous devrez alors trouver avec le spécialiste le bon compromis pour le coefficient de forme en tenant évidemment compte des spécificités de votre région : vous ne choisirez pas le même coefficient de forme à Aïn Draham (relativement petit) qu'à Tataouine (plus grand).
Evitez de multiplier les angles aux murs, car chacun d'eux représente un pont thermique, espace peu isolé et haut lieu de déperditions énergétiques.
Toiture inclinée ou toiture-terrasse ?

Pour un climat méditerranéen de type tunisien, il est préférable d'opter pour une toiture en terrasse.
Ces toitures sont mieux adaptées à nos spécificités, mais elles subissent parfois des contraintes climatiques rigoureuses.
D'où l'importance de bien les isoler, de manière à les rendre étanches à l'eau, à l'air et au soleil.
Intérêt des voûtes et coupoles.
Ces toitures ont de très bonnes performances thermiques en saison chaude. En effet, en milieu de journée, quand le soleil est intense et haut à l'horizon, elles ne reçoivent guère plus d'irradiation solaire qu'une toiture-terrasse. En revanche, pendant la nuit, elles offrent une surface extérieure beaucoup plus importante, ce qui leur permet une meilleure évacuation de la chaleur par convection et surtout par rayonnement vers la voûte céleste.
Couleur des revêtements extérieurs.
Un revêtement de couleur sombre favorise l'absorption du rayonnement solaire, une couleur claire réfléchira les rayons solaires les empêchant d'entrer dans le bâtiment. Des murs sombres peuvent sembler bénéfiques pour l'hiver, mais ils seront très pénalisants en saison chaude ! Si l'on se rappelle le principe suivant lequel on doit pouvoir contrôler l'admission du rayonnement solaire dans le logement, on comprend très vite que le bon choix est celui d'un revêtement extérieur blanc pour les murs. C'est d'ailleurs le choix de l'architecture traditionnelle dans tout le bassin méditerranéen.

Organisation des espaces

Organisation de l'espace intérieur

Il s'agit maintenant d'exploiter les choix d'orientation du bâtiment et de les adapter au mieux à votre mode de vie, de manière à avoir des espaces agréables à vivre.

La façade Sud étant la plus agréable du point de vue thermique (chaude en hiver, fraîche en été) et la plus éclairée, il est préférable d'y placer les pièces à vivre, telles que le salon, les chambres principales afin de profiter au mieux de tous les avantages de cette orientation.

Les chambres principales peuvent également être orientées au Sud-Est et à l'Est, afin de profiter du lever du soleil tout en restant fraîches en fin de journée.

L'orientation de la cuisine dépend de votre mode de vie. Si elle est pour vous une pièce de séjour dans laquelle vous prenez la plupart de vos repas, une orientation Sud est conseillée. Une orientation Sud-Est vous permettra de prendre vos petits-déjeuners en profitant du soleil matinal. En revanche, si vous ne supportez pas les grosses chaleurs d'été, il est préférable de placer la cuisine au Nord : en effet, c'est une pièce qui dégage beaucoup de chaleur à cause des appareils de cuisson.

Les salles de bain sont des pièces ne nécessitant que peu, voire pas d'ouvertures, ni un ensoleillement important. Il est donc conseillé de les placer au Nord.

Les pièces utilitaires, où il n'est pas nécessaire d'avoir une température confortable (entrée, garage, atelier, débarras..) seront de préférence disposées côté Nord.

Ces espaces peu ou non chauffés, appelés espaces tampons, se comporteront comme des isolants thermiques et diminueront les pertes de chaleur et donc la dépense énergétique durant l'hiver.

Durant l'été, ils se comporteront aussi comme des isolants thermiques, puisqu'ils atténuent les rayons solaires le jour et favorisent l'évacuation de chaleur le soir.

Aménagements extérieurs

S'il n'est pas possible de modifier les données climatiques générales, les aménagements extérieurs (bâti, végétation) peuvent néanmoins modifier le microclimat d'un site par la création d'ombrages, le ralentissement des vents dominants, la modification du degré d'humidité, le stockage et la diffusion de chaleur, la création de barrières sonores. Votre objectif ici sera de maîtriser les interactions des microclimats et des aménagements afin de minimiser les contraintes climatiques, visuelles et acoustiques en chaque saison.

Durant l'été, même dans une rue étroite, à cause de la position très haute du soleil, l'ombre des bâtiments est réduite et aura donc peu d'impact sur le confort thermique.

En revanche, des arbres plantés devant votre maison auront un effet plus positif.

Les végétaux à feuilles caduques sont particulièrement bien adaptés au climat de type tempéré car ils offriront un ombrage apprécié l'été, tout en ne diminuant pas l'ensoleillement l'hiver, car durant cette saison ils perdent leurs feuilles.

En hiver, ils protégeront également l'habitation des vents dominants.

La présence de végétaux (arbres, buissons, gazon) absorbant le rayonnement solaire par photosynthèse sera une des principales sources de réduction de la température de l'environnement.

La présence d'eau sous forme de fontaine, de bassins, contribue aussi à réduire la température de l'air ambiant.

Par ailleurs, un bâtiment secondaire placé du côté des vents dominants jouera également un rôle important pour diminuer les infiltrations d'air dans l'habitat.

Conception de la ventilation naturelle

La ventilation des locaux répond à trois exigences principales :

-Satisfaire les besoins d'hygiène et de confort des occupants ; il faut leur apporter de l'oxygène, éliminer les odeurs, les fumées, le dioxyde et le monoxyde de carbone, ainsi que les produits dégagés par l'ameublement ou les structures du bâtiment.

-Améliorer le confort thermique en saison chaude ; un courant d'air contribue à l'amélioration de la sensation de confort par élimination de la sueur.

-Réduire les besoins de climatisation ou améliorer la qualité de l'ambiance intérieure en saison chaude. L'été, la ventilation des locaux quand l'air extérieur devient moins chaud que l'air intérieur (en particulier la nuit), associée à une forte inertie thermique, permet d'évacuer la chaleur stockée dans la structure du bâti. La réduction de la ventilation à son minimum durant les heures chaudes permettra en revanche de conserver cette fraîcheur.

-Assurer la conservation du bâti. Ceci est obtenu par l'élimination de la vapeur d'eau produite par les occupants (environ 2,5 l/j.pers), qui génèrerait condensations et dégradations.

-Permettre le fonctionnement en toute sécurité des appareils à combustion situés à l'intérieur des logements.

La nécessité de la ventilation est indéniable, mais sa contribution au bilan énergétique est importante, surtout dans le cas de logements bien isolés.

Moyens et contrôle de la ventilation

Il faut assurer un taux minimum de ventilation, en évitant qu'il ne varie trop fortement en fonction des conditions climatiques extérieures (vent et température). Vous pouvez arriver à ce résultat de deux manières :

a)Ventilation naturelle par les fenêtres.

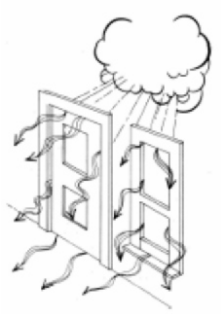
Compter sur la discipline de l'occupant pour contrôler la ventilation : ouverture régulière des fenêtres, mais sans excès (dix minutes suffisent pour renouveler l'air). C'est la solution la plus simple ; elle convient généralement dans les logements.

b)Ventilation mécanique contrôlée.

C'est la solution la plus fiable, mais la plus coûteuse, tant en investissement qu'en énergie de fonctionnement. De plus, une installation de VMC ne permettra de contrôler réellement les flux d'air que si elle a été correctement calculée, dimensionnée et soigneusement équilibrée. En l'absence de cet équilibrage, on aura une inefficacité du système de ventilation, une insatisfaction des occupants, et un gaspillage d'énergie.

Un taux minimum de ventilation est indispensable, mais ne doit pas être assuré par des de fenêtres inétanches. Il est essentiel de pouvoir contrôler les flux d'air.

Réduction des infiltrations



-Améliorez l'étanchéité du bâtiment au niveau des joints et des matériaux de construction
-Utilisez des menuiseries plus étanches pour les portes et fenêtres
-Placez autant que possible les ouvertures sur les façades les moins exposées au vent
-Réduisez l'effet de cheminée en incorporant dans le bâtiment des cloisons intérieures

Stratégie de ventilation l'hiver.

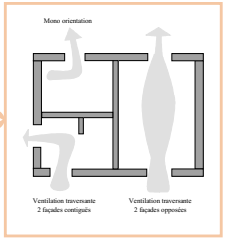
-Réduisez au minimum l'air entrant en tenant compte de l'occupation des locaux et de l'activité pour calculer les taux minima requis
-Préchauffez l'air entrant quand cela est possible (prise d'air dans une serre, récupération sur l'air extrait …)

Stratégie de ventilation l'été

-Refroidissez la masse du bâtiment, en admettant un renouvellement d'air important durant les heures fraîches, et réduit au minimum durant les heures chaudes. Le premier objectif suppose une organisation des locaux qui favorise la ventilation naturelle.
-Refroidissez l'air avant son admission : par humidification (point d'eau, végétation …), ou en le faisant circuler dans une canalisation enterrée (puits canadien).
-Brassez l'air pour améliorer la sensation de confort durant les heures chaudes (ventilateur). Pour une bonne sensation de confort, la vitesse de l'air ne doit pas dépasser 1 m/s.

Les facteurs d'une bonne ventilation naturelle

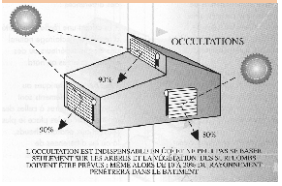
-L'organisation des locaux.
Une double orientation des locaux aura un impact positif sur la ventilation. A l'inverse, le cloisonnement, la mono-orientation ou même une double orientation contiguë la freine (voir figure



-Vous pouvez avantageusement utiliser la végétation extérieure pour freiner les vents dominants en hiver, créer des zones d'ombre en été, générant des courants d'air, et pour humidifier l'air extérieur.

Conception des ouvertures

Les ouvertures assurant plusieurs fonctions dans un bâtiment, qui sont souvent en désaccord voire en contradiction, il vous faut être particulièrement vigilant sur le choix de leur implantation.
Les ouvertures influent sur la consommation d'énergie, à travers quatre aspects :
-C'est par elles que pénètre la majeure partie du rayonnement solaire. Elles doivent être conçues de manière à profiter au maximum de ce rayonnement l'hiver, mais en évitant les surchauffes l'été.
-A cause de leur résistance thermique plus faible que celle des parois, elles engendrent des pertes thermiques importantes. Elles doivent donc être conçues de manière à minimiser ces pertes durant l'hiver.
-Elles seules assurent un renouvellement de l'air de la maison, elles doivent donc être pensées de façon à permettre une bonne ventilation tout en rejetant les infiltrations (pollution, bruit…) qui les accompagnent.
-Elles constituent une source de lumière, qui devrait être suffisante pour limiter l'éclairage artificiel durant la journée.
Une bonne conception des ouvertures doit donc tenir compte de tous ces paramètres.
La dimension des fenêtres doit être aussi réduite que possible à l'Est, à l'Ouest et au Nord, car ces ouvertures, particulièrement côté Nord, entraînent des entrées d'air froid en hiver et laissent peu ou mal pénétrer le rayonnement solaire.
En revanche, il est conseillé de placer de grandes fenêtres au Sud, car ces vitrages capteront plus d'énergie durant l'hiver qu'ils n'en feront perdre. Pour la même raison, réservez également les baies vitrées à la façade sud. A titre d'exemple, un agrandissement de la surface vitrée au Sud de 15% à 50% de la façade, vous permettra de réduire votre facture de chauffage de 20% (dans le Nord de la Tunisie) à 30% dans les régions bien ensoleillées (Gabès, Gafsa ..). Si les persiennes sont maintenues fermées aux moments d'ensoleillement durant l'été, l'impact de l'agrandissement des fenêtres sur la charge de climatisation est négligeable. Vous avez intérêt à disposer des fenêtres à faible coefficient de déperdition thermique (voir chapitre suivant) au Nord, à l'Est et à l'Ouest. Vous prévoirez également des protections nocturnes (persiennes, stores, ..) isolantes placées à l'extérieur par rapport aux fenêtres.
Un facteur essentiel du confort d'été est d'avoir des ouvertures permettant de profiter de l'ombre. Pour ombrer les ouvertures, des protections solaires s'imposent. Elles empêchent l'insolation directe des ouvertures tout en laissant passer la lumière. Elles peuvent être légères, amovibles ou orientables (stores, brise-soleil orientables). Repliées l'hiver, elles permettent de profiter du rayonnement solaire lorsqu'on en a le plus besoin. Les protections solaires peuvent également faire partie intégrante de la construction elle-même : brise-soleil, écrans, auvents, balcons, débords de toit.. Une ouverture située au Sud présente là aussi un avantage indéniable, puisqu'elle est assez facile à protéger ; un store ou un brise-soleil suffisent à l'ombrer.



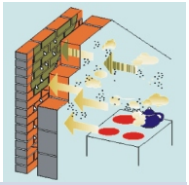
Gestion du bâtiment et des équipement

Des gestes simples et de bonnes habitudes à prendre peuvent vous aider à améliorer votre qualité de vie et l'ambiance de votre logement, tout en vous faisant réaliser des économies.

Gestion du bâtiment

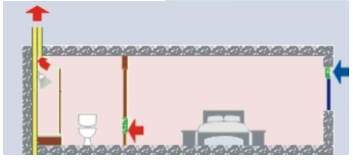
Aérer / Ventiler l'hiver : pour vaincre l'humidité et pour une ambiance d'intérieur saine et confortable

L'humidité est une nuisance majeure, et menace souvent les logements des régions côtières de la Tunisie. Elle dégrade le bâti, diminue l'efficacité de l'isolation, est nuisible pour la santé des personnes fragiles : nourrissons, personnes âgées, personnes atteintes de maladie de l'appareil respiratoire et d'asthme. Elle crée aussi une impression d'inconfort pour les autres. De plus, elle dégrade la qualité de l'air en favorisant l'apparition de moisissures qui libèrent des allergènes nuisibles à notre santé.



- Pour lutter contre l'humidité et ses conséquences désastreuses, il faut d'une part l'empêcher d'entrer quand elle vient de l'extérieur et d'autre part, la faire sortir quand elle est produite à l'intérieur.

- Dans une maison bien aérée, l'humidité en excès est évacuée en même temps que les polluants, biocontaminants et particules indésirables. On aura recours pour cela à une aération convenable et / ou à l'installation d'une VMC (Ventilation mécanique contrôlée).



- Mais il faut aussi limiter les déperditions de chaleur qui accompagnent le renouvellement d'air. Il y a donc un équilibre à assurer entre ces deux impératifs.

Aérer/ Ventiller l'été : pour vaincre les surchauffes

Les principes d'une bonne gestion du bâtiment en saison chaude relèvent du bon sens, et sont très efficaces pour rafraîchir le logement. Cela permet dans la plupart des régions tunisiennes de se passer de climatisation, si la conception architecturale a été bien pensée. Il s'agit d'une part d'empêcher la chaleur d'entrer dans le logement, et d'autre part de profiter au maximum de la fraîcheur nocturne.

COMMENT GERER LA VENTILLATION NATURELLE DU BATIMENT EN ETE

COMMENT GERER LA VENTILLATION NATURELLE DU BATIMENT EN ETE

1.Fermez les persiennes des fenêtres aux moments où le soleil les atteint et dès que la température extérieure dépasse celle du logement, fermez toutes les fenêtres

2.Recherchez la contribution des plantes pour le rafraîchissement de votre maison ! Les végétaux à feuillage caduque procurent une ombre agréable en été, sans masquer le soleil en hiver. De plus, les plantes entretiennent, par évapo-transpiration, une agréable ambiance de fraîcheur.

3.Favorisez la circulation naturelle de l'air. Si la maison a plusieurs niveaux, l'ouverture des fenêtres du haut facilitera l'évacuation de l'air chaud par effet cheminée.

4.L'utilisation d'un ventilateur améliore le confort d'été, parce que la circulation de l'air facilite l'évaporation de la sueur.

LA VENTILLATION NOCTURNE OU FREE COOLING

LA VENTILATION NOCTURNE OU FREE COOLING

Le free-cooling nocturne consiste à rafraîchir les bâtiments la nuit grâce à de l'air extérieur. Le bâtiment évacue toute la chaleur excédentaire accumulée en journée.

Pour qu'un free cooling permette de se passer de climatisation en journée, il faut assurer durant la nuit, un taux de renouvellement d'air important.

Gestion des équipements

La régulation du système de chauffage

LE SYSTEME DE REGULATION DANS LES LOGEMENTS

Il nous paraît abstrait d'installer une nouvelle chaudière sans y associer une régulation performante qui valorise les capacités des nouvelles chaudières et permet un contrôle précis de la température ambiante.

LE SYSTEME DE REGULATION DANS LES LOGEMENTS

Un thermostat d'ambiance commande le brûleur et le circulateur. En dehors des demandes du thermostat, l'ensemble de l'installation est mise à l'arrêt. Le thermostat permettra un ralenti grâce à deux températures de consignes différentes. Les vannes thermostatiques permettent le réglage de température dans les locaux ne comprenant pas le thermostat d'ambiance s'ils présentent des apports de chaleur plus importants que le reste du bâtiment ou demandent une température de consigne moindre.

Conseils

1.Bien choisir les températures de consigne des différentes pièces et surveiller les radiateurs. Il faut se rappeler que la quantité d'énergie à consommer pour le chauffage dépend des pertes de chaleur de votre logement vers l'ambiance extérieure. Les pertes de chaleur par m2 à travers une paroi sont le produit de son coefficient K par la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Si la température extérieure moyenne est par exemple de 12°C, le fait de réduire la consigne de la température intérieure de 20°C à 18°C vous permettra d'économiser 25% de l'énergie de chauffage!

2.Pour que vos radiateurs consomment moins d'énergie, équipez-les d'un robinet thermostatique qui va les maintenir à la température de consigne choisie compte tenu du type d'occupation de la pièce et des apports gratuits de chaleur (exposition sud, appareils électriques ...)

3.Pensez à munir votre système de chauffage d'un système de régulation et mieux encore, d'une horloge de programmation ; votre consommation diminuera de manière consistante, sans que votre confort en souffre.

4.Réglez la température de l'eau chaude sanitaire. Il est inutile d'avoir 70°C au robinet, pour mélanger ensuite cette eau trop chaude avec de l'eau froide ! Une température d'eau trop chaude nuit au bon rendement de vos unités de production de la chaleur, et augmente les risques d'entartrage et de corrosion. Une température de consigne de 50 à 55°C est généralement suffisante pour l'eau chaude sanitaire dans les logements.

La régulation des climatiseurs - le mode INVERTER

LA REGULATION DE LA TEMPERATURE AMBIANTE
La température ambiante du local conditionné est régulée au moyen d'un thermostat d'ambiance agissant sur le fonctionnement du compresseur.

LA REGULATION DU COMPRESSEUR
Les climatiseurs équipés de compresseurs à vitesse variable peuvent adapter leur puissance frigorifique à la charge thermique du local. Ce mode de régulation est appelé INVERTER. Il permet une variation de vitesse du compresseur sans pertes importantes de rendement. Le démarrage du compresseur se fait alors à basse vitesse, ce qui réduit la pointe de courant au démarrage.

La programmation de l'occupation et celle de l'arrêt et reprise permet une utilisation optimale des équipements de climatisation.

L'utilisation des équipements

Conseils

1-Le chauffage d'appoint consomme souvent une énergie plus coûteuse que celle du chauffage central. Vous ne l'utiliserez que ponctuellement, par exemple pour éviter de faire fonctionner la chaudière certains jours de demi-saison.

2-Si vous possédez un chauffage central, réglez la chaudière pour un débit d'eau élevé et une température d'eau minimale.

3-Evitez de ne chauffer qu'une petite partie de la maison (avec des convecteurs par exemple), en ouvrant les portes pour transmettre cette chaleur vers les autres pièces. L'humidité générée par les occupants se condenserait dans les pièces non chauffées, entraînant des moisissures.

4-Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et très toxique. N'utilisez pas les chauffages d'appoint au pétrole ou au gaz en continu, ni pour chauffer une chambre ou une pièce mal ventilée.

5-Si vous disposez d'une VMC, ne l'arrêtez jamais. Elle est conçue pour fonctionner en permanence. En revanche, sa vitesse est modulable ; choisissez le débit maximal quand vous faites la cuisine ou quand vous prenez une douche.

6-Pour limiter les apports internes les jours de grande chaleur, limitez l'usage des équipements de cuisson, le four surtout !

L'utilisation de l'éclairage

Conseils

1-Privilégiez toujours l'éclairage naturel. La pratique consistant à garder les persiennes fermées dans les pièces de séjour durant l'hiver et à utiliser l'éclairage artificiel est à proscrire absolument !

2-Pensez à éteindre vos luminaires en quittant une pièce
Adaptez la puissance de vos lampes à vos besoins et utiliser des variateurs

3-Réservez les halogènes de grande puissance à des activités nécessitant beaucoup de lumière et ne les utilisez pas pour créer une ambiance

4-Pour un éclairage d'ambiance, utilisez des lampes basse consommation ou des halogènes très basse tension.

5-Installez des lampes basse consommation sur les points lumineux qui ont les durées d'utilisation les plus élevées.

6-Equipez les couloirs et les cages d'escalier de systèmes de va-et-vient ou de détecteurs de présence
Pour l'extérieur, utilisez des luminaires étanches et des lampes basse consommation pour de longues durées.

La maintenance des équipements

Le bon entretien de votre chaudière est indispensable pour votre sécurité et pour la durée de vie de cet équipement. De plus, une chaudière bien entretenue a un meilleur rendement: 8 à 12% d'énergie économisée, et elle pollue moins. Faites faire la maintenance de vos appareils de climatisation par des professionnels qualifiés et habilités à intervenir sur les circuits frigorifiques. Si votre système comporte des gaines pour l'air, faites-les nettoyer tous les trois ans : elles s'encrassent et peuvent présenter alors des risques pour la santé. S'il y a des grilles d'aération, veillez à ce qu'elles restent propres. Changez ou nettoyez tous les six mois les filtres des climatiseurs individuels, dépoussiérez et nettoyez souvent à l'eau savonneuse les bouches d'air. Pour avoir un bon éclairage sans gaspillage, pensez à dépoussiérer régulièrement vos luminaires et vos lampes. Pour les lampes aux halogènes, il faut éviter de toucher l'ampoule à main nue pour ne pas altérer le verre. Changez les lampes à incandescence dès que l'ampoule noircit pour éviter une baisse d'efficacité lumineuse.

L'élimination et le démontage des appareils

Il ne faut jamais mettre en décharge un climatiseur individuel, mais le confier à des spécialistes. Le fluide frigorigène qu'il contient doit être récupéré et recyclé. Le démontage d'une installation doit être réalisé par des professionnels qui doivent récupérer le fluide frigorigène.

Conclusion

Il est clair que les éléments de conception qui vont influer sur votre confort et sur votre facture énergétique sont nombreux et les exigences quelquefois contradictoires. Le choix optimal des paramètres de conception dépendra étroitement du mode d'occupation du logement.

- Il s'agit d'abord de savoir s'il sera occupé durant toute l'année ou durant une partie de l'année (l'isolation de la toiture par exemple est beaucoup moins importante si le bâtiment est inoccupé en saison chaude).
- Il faut savoir ensuite quel est le niveau de confort requis pour ce bâtiment : confort très satisfaisant en permanence ? confort globalement satisfaisant ? confort acceptable ? etc…
- Ce niveau de confort requis (qui doit tenir compte bien entendu de vos possibilités financières) déterminera le mode de gestion du bâtiment :
  - température fluctuante
  - chauffage intermittent
  - chauffage continu ; pas de climatisation
  - chauffage continu l'hiver et climatisation l'été
- C'est seulement en fonction de ces modes de gestion que les choix appropriés des paramètres de conception pourront être effectués, sur la base des recommandations précédentes.

Les professionnels du bâtiment (architectes, thermiciens ..) sont là pour vous aider à trouver les meilleurs compromis pour votre cas particulier, avec vos spécificités en termes de priorités, en termes d'activités, d'horaires d'occupation des locaux .. Profitez de leurs compétences afin de réaliser un logement tout à la fois sain, confortable, agréable à vivre et économe en énergie !

Objectifs

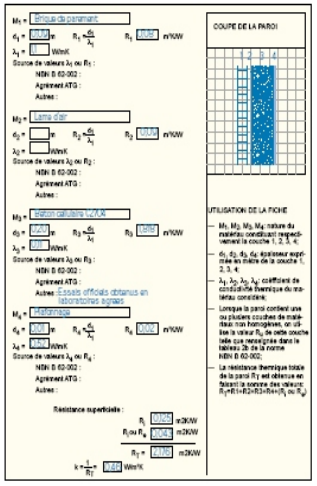
Les objectifs visés

- L'hiver, réaliser un niveau de confort acceptable sans équipements. Pour un niveau de confort élevé, minimiser les dépenses de chauffage.
- Garder une maison fraîche l'été sans climatisation ; ou pour un confort haut de gamme, minimiser les dépenses de climatisation.
- Réduire la durée des saisons de chauffe et de climatisation (assurer le confort de manière naturelle durant les demi-saisons).
- En bref : avoir une maison confortable et économe en toute saison.

Isolation et inertie

Résistance thermique et isolation :

Les métaux conduisent bien la chaleur alors que l'air et les isolants freinent sa transmission par conduction. Le coefficient de conductivité thermique (lambda) caractérise l'aptitude à transmettre la chaleur par contact entre les molécules d'un matériau donné. Il s'exprime en W/m°C.



Un corps d'une épaisseur donnée résiste plus ou moins au passage de la chaleur. Pour un m2, la résistance thermique R exprimée en m2°C/W, s'obtient par le rapport de l'épaisseur (en mètres) sur . La résistance thermique d'un matériau isolant sera d'autant plus élevée que son épaisseur sera grande et sa conductivité faible. Un produit destiné au secteur de l'habitat est considéré comme un isolant thermique si sa conductivité est inférieure à 0,065 W/m°C et sa résistance thermique R au moins égale à 0,50 m2.°C/W.

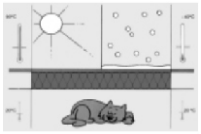
L'un des meilleurs isolants est l'air immobile (= 0,024 W / m°C) ; aussi la plupart des matériaux isolants ont pour fonction d'immobiliser l'air dans des alvéoles ou des structures fibreuses.

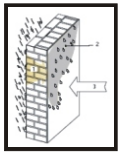
On parle souvent du coefficient K d'une paroi (W/m2°C). Il s'agit tout simplement de l'inverse de la résistance R. On cherchera à le réduire, puisque le flux de chaleur qui traverse 1 m2 de paroi est égal au produit de ce coefficient par la différence de température entre intérieur et extérieur.

Le rôle de l'isolation

Une paroi bien isolée permet de :

Réduire les déperditions de chaleur en saison froide et la pénétration de chaleur en saison chaude pendant la journée, et par conséquent économiser l'énergie de conditionnement.

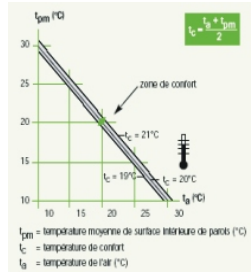




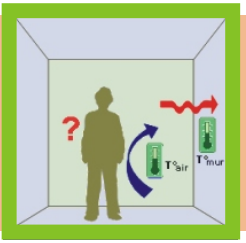
Compenser la réduction de l'épaisseur totale des parois dans les techniques de construction modernes.

Eviter la condensation dans les parois et sur les parois, grâce au maintien de températures pas trop basses.

Eviter la sensation de froid (hiver) ou la sensation de chaud (été) que l'on éprouve au voisinage d'une paroi trop froide ou trop chaude, à cause des échanges radiatifs.


zone de confort
t_c = 21°C
t_c = 19°C
t_c = 20°C
t_{pm} = température moyenne de surface intérieure de parois (°C)
t_c = température de confort
t_g = température de l'air (°C)

Il ne suffit pas de chauffer ou de refroidir, même fort (ce qui peut être source d'inconfort et nuisible pour la santé) pour ressentir une sensation de confort. Il faut plutôt s'assurer que dans chaque pièce la température souhaitée soit régulièrement répartie et soit la même, ou à peu près, que se soit près des murs ou près de la source de chaleur ou de froid.



Cependant, pendant les nuits d'été, lorsque la température d'air extérieur est plus fraîche que celle de l'intérieur, et que la température du ciel est très basse, la présence d'un isolant dans les parois peut freiner l'évacuation des calories à travers la paroi vers l'ambiance extérieure. Quel est alors le bilan net de l'isolation en été ? Cela dépend de l'élément de construction, comme on le verra plus loin.

Inertie thermique

● Lorsqu'un bâtiment en équilibre thermique est soumis à un changement des conditions environnantes, il ne gagne un nouvel équilibre qu'au bout d'un certain temps.
L'inertie thermique caractérise la lenteur de cette mise en équilibre. L'inertie d'un bâtiment dépend notamment de la capacité thermique Qs des matériaux qui le composent, et de leur résistance R.
Elle dépend aussi de l'ordre dans lequel les couches de matériaux sont disposées.

● L'inertie thermique d'un bâtiment détermine sa capacité à stocker de la chaleur.
● En hiver, la chaleur emmagasinée durant les heures ensoleillées sera restituée durant la soirée.

● En été, la chaleur emmagasinée durant la journée, pourra être évacuée la nuit, grâce à la fraîcheur de l'air nocturne. Ce mécanisme est très efficace en cas de ventilation nocturne renforcée et d'inertie assez forte. Il peut permettre l'établissement d'un confort acceptable jour et nuit l'été, et éviter le recours à la climatisation dans les bâtiments résidentiels. L'inertie thermique amortit les fluctuations de température et contribue ainsi à la stabilité des températures d'air et de parois ; elle permet d'éviter les surchauffes dues aux apports solaires en hiver.

Un peu de théorie...

Outre l'isolation thermique d'un bâtiment, d'autres paramètres vont influencer le confort thermique général. Ces différents paramètres sont la ***capacité thermique***, le ***temps de refroidissement***, la ***température de surface, l'amortissement thermique*** et le ***déphasage***.

Capacité thermique
Tout matériau de construction absorbe une certaine quantité de chaleur quand la température environnante s'élève. Cette quantité de chaleur qu'un matériau absorbe par m2 et par degré d'augmentation de température est appelée capacité thermique :

$$Qs = c \cdot \quad \cdot e \ [J/m^2K]$$

Avec Qs = la capacité thermique
c = la chaleur spécifique en J/kg K
= la masse volumique sèche en kg/m³
e = l'épaisseur en m.

Temps de refroidissement
Le refroidissement d'un mur dépend du rapport entre sa capacité thermique Qs et son coefficient d'isolation. Ainsi, on a :

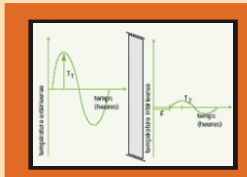
$$A = \frac{Q_s.e}{.3600}\ h$$

A : le temps de refroidissement exprimé en heures.
e : épaisseur de la paroi en mètre
: conductivité thermique du mur

Plus grand est le facteur A, plus le mur mettra du temps à refroidir. Les fluctuations externes de température se feront également ressentir plus tard à l'intérieur.

Amortissement thermique et déphasage
Durant les mois d'été, les bâtiments sont soumis aux heures chaudes à des températures externes relativement importantes dues aux radiations solaires. Ces hausses de température extérieure peuvent mener à des hausses de température intérieure désagréables pour les occupants du bâtiment.

Un bon amortissement thermique du mur, ainsi qu'un déphasage important vont permettre de diminuer, à l'intérieur d'une construction, l'influence de la hausse de température extérieure.



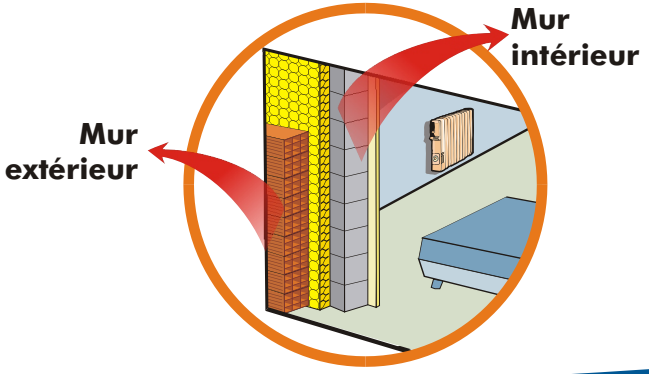
Le déphasage F est le décalage en heures entre les maxima de température extérieure et intérieure.
L'amortissement est le rapport entre l'amplitude maximale de température extérieure et l'amplitude maximale de température intérieure : =T1/T2.

L'inertie devra être forte, particulièrement dans les cas suivants :
1. Forte intermittence des apports de chaleur l'hiver ; par exemple quand la surface vitrée est importante, ou quand le chauffage est utilisé de manière intermittente (radiateurs utilisés en soirée seulement).
2. Protections solaires peu efficaces l'été ou possibilités de ventilation réduites.

Les facteurs qui influent sur l'inertie sont :
1. Les qualités intrinsèques des matériaux (chaleur volumique et conductivité) ; les matériaux les plus adaptés au stockage de chaleur sont les matériaux denses à forte chaleur spécifique : le béton, la pierre, la brique pleine..
2. Les dimensions des éléments de construction.
3. L'épaisseur ; l'inertie augmente avec l'épaisseur des matériaux
4. Mais en réalité, seuls les 10 premiers centimètres sont efficaces pour une inertie quotidienne, l'inertie qui permet un stockage de quelques jours étant obtenue par les 10 centimètres suivants.
5. La surface d'échange ; plus que l'épaisseur, c'est cette surface d'échange qui détermine l'inertie utile. Ainsi, un mur porteur intérieur comprenant deux faces d'échange thermique, présentera plus d'inertie qu'un mur extérieur qui n'a qu'une seule face.

L'inertie peut donc être réalisée principalement par :
1. Les murs intérieurs ou cloisons
2. Les murs extérieurs
3. Le plafond et le plancher

Lorsque les parois contiennent un isolant spécifique, seules les parties de maçonnerie comprises entre l'intérieur du local et l'isolant interviendront dans l'inertie interne.



Isolation et inertie

Il convient de bien distinguer les notions d'inertie et d'isolation :

Sur le plan des effets : Une paroi bien isolée résiste davantage au passage du flux de chaleur qu'une autre. L'isolation atténue le flux de chaleur moyen entre le local et l'extérieur. L'inertie quant à elle s'oppose aux changements ; elle atténue les fluctuations de température et de flux.

Sur le plan de la nature des matériaux : Les matériaux les plus isolants contiennent généralement des alvéoles d'air ; ils ne sont pas denses et ne peuvent pas stocker une grande quantité de chaleur par unité de volume. A l'opposé, les matériaux les plus inertes, qui se prêtent bien au stockage de la chaleur, sont des matériaux denses : béton, pierre, briques pleines ..

Sur le plan des dimensions des parois : Une plus grande épaisseur entraîne une plus grande isolation et une plus grande inertie, mais seuls les deux premières dizaines de centimètres sont réellement utiles. Pour ce qui est de la surface, une grande surface extérieure diminue la résistance totale du bâtiment et n'est donc pas souhaitable en climat froid. Une grande surface pour les murs et les cloisons intérieures est très bénéfique sur le plan de l'inertie.

Utilité de l'isolation et de l'inertie

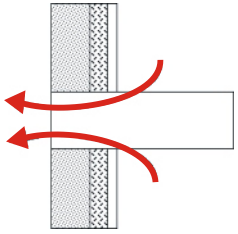
Le renforcement de l'isolation et celui de l'inertie représentent un surcoût d'investissement. Il est donc essentiel de comprendre les situations dans lesquelles leur utilité est prioritaire.

La grille ci-dessous vous aidera à y voir clair et à prendre la bonne décision :

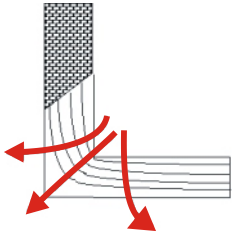
	SITUATION	ISOLATION	INERTIE
Hiver	**Logement chauffé**	Très utile	**Très utile** si apports solaires importants ou intermittence de chauffage
Hiver	**Logement non chauffé**	Moyennement utile	**Très utile** si les apports solaires sont importants (grands vitrages au Sud)
Eté	**Logement non climatisé**	**Pour la toiture : Extrêmement** utile **Pour les murs :**: Bénéfique le jour, Défavorable la nuit **Bilan :** mitigé	**Extrêmement utile** surtout si bonne ventilation nocturne
Eté	**Logement climatisé**	**Pour la toiture : Extrêmement** utile **Pour les murs :** Utile	**Bénéfique** ; permet de diminuer la puissance des installations

Les ponts thermiques

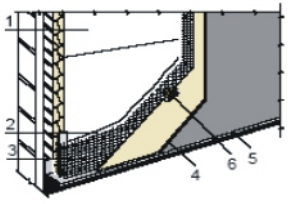
Ces discontinuités induisent des zones de résistance thermique plus faible que celle des parties courantes ; on les appelle des ponts thermiques, puisqu'elles se laissent traverser par la chaleur plus facilement que les autres parties. On distingue deux types de ponts thermiques :



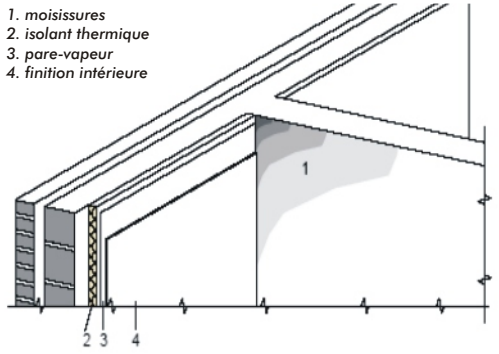
Ils résultent de la présence en certains points du bâtiment de matériaux ayant une plus grande conductivité thermique ; l'isolation extérieure permet de supprimer ce type de ponts thermiques



En situation de chauffage, ils apparaissent lorsqu'une petite zone de réchauffement (intérieure) correspond à une grande zone de refroidissement (extérieure). Cette situation se rencontre dans les angles, les coins et autres discontinuités qui présentent alors une résistance thermique inférieure à celle des autres éléments faits du même matériau.



Système d'isolation par l'extérieur
1. Isolant thermique
2. Sous-couche de l'enduit
3. Armature
4. Enduit de finition
5. Profile de rive
Fixation mécanique de l'isolant



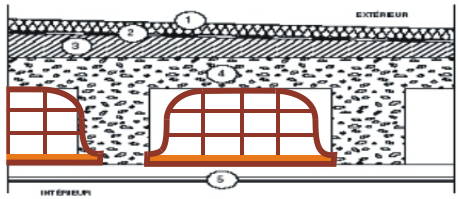
1. moisissures
2. isolant thermique
3. pare-vapeur
4. finition intérieure

Les toitures

Les toitures-terrasses

Elles peuvent être construites en :

- Blocs creux, surmontés d'une chape de béton. Dans les corps creux on peut avoir des blocs en béton de granulats lourds, ou encore des blocs creux de terre cuite.
- Dalle de béton armé



La toiture est l'élément qui reçoit le plus d'irradiation solaire pendant l'été ; elle doit donc être impérativement isolée ! Cela est d'autant plus important qu'une toiture non isolée a un coefficient K bien plus impor tant que celui d'un mur extérieur non isolé. De plus, l'hiver, l'air chaud plus léger, s'élève et vient se loger sous la toiture, ce qui en fait un facteur de perte de chaleur important.

La technique la plus utilisée : *les toitures chaudes*

Vu sa position, l'isolant protège le support contre les fortes variations de température et diminue par conséquent le risque de mouvements et de fissures du support.

*La désignation " **toiture chaude** " est employée lorsque l'isolant thermique est placé entre l'étanchéité et le support. C'est aujourd'hui la tech-nique la plus utilisée.*

Un autre avantage de cette technique, particulièrement intéressant dans le cas de toiture à structure lourde (béton armé ou hourdis), est l'accroissement de l'inertie thermique du local chauffé : cela signifie que la masse de la structure, lorsqu'elle est mise à température, conserve celle-ci et rend par conséquent le local plus confortable en été comme en hiver. Dans cette technique qui demande un support plat et régulier, un aspect délicat est le choix de la membrane d'étanchéité. En effet, celle-ci étant placée directement sur l'isolation, elle subit toutes les variations thermiques. Les membranes d'étanchéité doivent être particulièrement résistantes.

C'est pour assurer une meilleure protection de ces membranes d'étanchéité qu'un lestage (constitué par exemple de graviers roulés) est souvent mis en place sur l'étanchéité. Il n'existe en fait que quelques membranes qui sont aptes à résister nues aux rayons ultraviolets.

POURQUOI ISOLER UNE TOITURE ?

L'isolation thermique d'une toiture offre plusieurs avantages :

Diminuer la consommation énergétique du bâtiment

L'économie réalisée par rapport à une toiture non isolée dépend de l'épaisseur et du type d'isolant, du mode d'occupation du bâtiment et du rendement de l'installation de chauffage.

Cette économie a un impact important sur les consommations globales du bâtiment étant donné l'importance de la contribution de la toiture à l'ensemble des déperditions calorifiques des parois.

Améliorer le confort des occupants

En hiver, la température du plafond sous toiture se voit augmentée grâce à l'isolation. Ceci a un impact immédiat sur le confort des occupants par suppression de l'effet de rayonnement vers le plafond froid.
De même en été, l'isolation protège les locaux sous toiture des surchauffes provoquées par l'ensoleillement de la toiture.

Diminuer les risques de condensation

L'augmentation de la température intérieure de surface diminue les risques de condensation au niveau des plafonds des locaux sous toiture.

Protéger la structure du toit

L'isolation peut diminuer les influences des variations des températures journalières et saisonnières sur le complexe toiture.

Chauffer moins en isolant sa toiture,
c'est déjà participer à la protection de l'environnement.

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques thermo-physiques des toitures les plus couramment utilisées dans notre pays.

INTITULÉ	DESCRIPTION	COMPOSITION PRÉCISE (de l'int. vers l'ext.)	e (Cm)	K W/m²°C	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Toiture 1	Dalle de béton sans isolant	Mortier bâtard Béton Bétons à granulats fins Mortier ciment Etanchéité	2 15 10 2,5 0,5	3,37	Inertie élevée	Coûteuse Très mauvaise résistance thermique l'été : Échauffement très important à cause irradiation solaire
Toiture 2	Dalle de béton avec isolant	Mortier bâtard Béton Polystyrène Bétons à granulats fins Mortier ciment Etanchéité	2 15 5 10 2,5 0,5	0,63	Inertie et résistance thermique élevées	Très coûteuse
Toiture 3	Corps creux sans isolant	Mortier bâtard Corps creux terre cuite Béton Bétons à granulats fins Mortier Ciment Etanchéité	2 16 5 10 2,5 0,5	2,21	Bon marché Légère	Pertes de chaleur l'hiver L'été : échauffement très Important à cause irradiation solaire
Toiture 4	Corps creux avec isolant	Mortier bâtard Corps creux terre cuite Béton Polystyrène Bétons à granulats fins Mortier ciment Etanchéité	2 16 5 5 10 2,5 0,5	0,58	Coût modéré Economies de chauffage l'hiver Economies de climatisation et confort en été	

Le tableau ci-dessus montre la composition de quelques toitures couramment utilisées en Tunisie (surtout toitures 1 et 3) ainsi que leurs avantages etleurs inconvénients.

En comparant les toitures 1 et 2 ou encore 3 et 4, on voit que la pose de 5 cm d'isolant permet de réduire le coefficient K d'un facteur 4 à 5 environ, c'est-à-dire que **les pertes de chaleur à travers cet élément sont divisées par 4 ou 5 pendant l'hiver.** Il en est de même des apports solaires transmis pendant l'été.

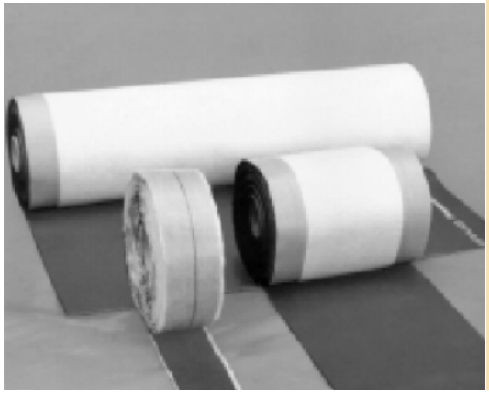
L'isolation de la toiture est de loin la mesure d'amélioration la plus importante et la plus rapidement remboursée par les économies d'énergie qu'elle entraîne. On utilise le plus souvent des panneaux de polystyrène ou de polyuréthane ; une épaisseur de 5 à 6 cm est suffisante dans notre climat.

Attention ! ***Ne jamais isoler une toiture par l'intérieur ! Une telle pratique est à proscrire de manière absolue. La dalle de couverture absorberait le rayonnement solaire mais ne pourrait le diffuser à cause de l'isolant. Elle serait alors soumise à des chocs thermiques importants pouvant entraîner des ruptures d'étanchéité et des fissurations graves. L'isolant doit donc être impérativement disposé au-dessus de la toiture.***

La pose de l'isolant sur la toiture est une opération délicate car la toiture subit des contraintes climatiques rigoureuses (pluie, ensoleillement..) entraînant de fréquentes dilatations et rétractions de couverture et de l'étanchéité. Normalement, l'étanchéité doit être appliquée au-dessus de l'isolant. Elle est étanche à l'eau et à la vapeur. La vapeur produite dans le logement et celle qui résulte de l'évaporation de l'eau du béton risquent d'être emprisonnées à l'intérieur de l'isolant.

L'étanchéité doit être appliquée au-dessus de l'isolant. Elle est étanche à l'eau et à la vapeur

En hiver, elles peuvent être confrontées à des températures très basses, d'où un risque de condensation. Il est donc impératif de faire barrière au transfert de la vapeur vers l'isolant en interposant entre celui-ci et le béton un pare-vapeur.



Les panneaux d'isolant sont ensuite recouverts d'une ou plusieurs couches d'étanchéité et d'une protection lourde (au cas où la toiture est accessible).

Celle-ci peut être en gravillons pour les toitures non accessibles, ou en dallage pour les toitures accessibles.

Puisqu'une grande partie des pathologies affectant les étanchéités provient de leur liaison avec l'isolant, la solution idéale est de poser l'étanchéité en indépendance des panneaux isolants. Si on a une protection lourde au-dessus de l'étanchéité, on peut même éviter le collage de l'isolant sur le béton (par l'intermédiaire du pare-vapeur bien entendu) à condition que la surface des panneaux isolants soit lisse au moment de la pose de l'étanchéité. Sinon, les panneaux doivent être collés au béton.

Pente de la toiture

Au même titre que la structure portante ou de l'isolation, l'évacuation de l'eau sur une toiture doit être étudiée avec soin.
Il y a en fait deux éléments à mettre en oeuvre pour véhiculer l'eau sur une toiture et l'en faire partir :

- La pente de la toiture
- Les évacuations

Grâce à la pente de la toiture, les eaux coulent vers les gouttières ou autres points de rassemblement. Ce sont ensuite les évacuations qui conduisent les eaux vers les égouts.

La pente de la toiture doit être étudiée et réalisée de telle façon qu'en tout point de la toiture l'eau puisse être évacuée. Car de l'eau sur le toit peut être à l'origine de dégâts importants.

UNE ALTERNATIVE INTERESSANTE

Remplacer le béton de pente, composé traditionnellement de composé de granulats lourds, de sable, de ciment et d'eau, par du béton allégé ou par du béton cellulaire.

Le béton de pente ordinaire présente un poids propre assez considérable, ce poids propre est pris impérativement en compte pour le dimensionnement de la structure portante.

Le béton allégé, composé de ciments, sables et de granulats légers (perles de polystyrène, généralement), peut contribuer d'une manière considérable pour donner de bons résultats quant à l'isolation thermique.

Le béton cellulaire : Sable, chaux et ciment constituent les matières premières de base. Celles-ci sont intimement mélangées dans des proportions bien déterminées, après quoi on y ajoute de l'eau. L'adjonction d'une petite quantité de poudre d'aluminium aura pour effet de faire lever la pâte.

Les résultats financiers

L'économie annuelle peut être estimée, par la voie du calcul théorique, et comparée aux surcoûts brut ou net de l'isolation thermique.

Les études montrent que le surcoût brut de l'isolation est rentabilisé en un peu plus de 3 ans.

Le surcoût net d'isolation est, quant à lui, rentabilisé en moins de six mois.

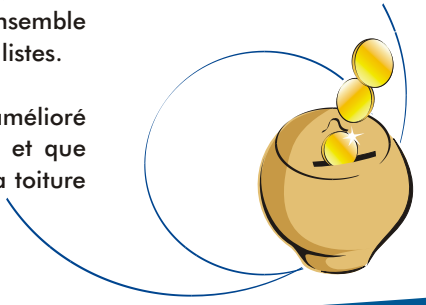
Ce calcul théorique doit encore être confirmé dans la pratique, mais si on tient compte des investissement en équipement (chaudières, tuyauterie et radiateurs par exemple), **alors l'investissement est remboursé en moins d'un an!**

C'est là un beau résultat mais d'autres paramètres doivent idéalement être pris en compte au moment de la décision. En effet, trop souvent, seul l'investissement initial est pris en compte.

On pourra aussi considérer la durée de vie du système, les frais d'entretien, le coût des réparations, les frais de chauffage, l'évolution probable du prix de l'énergie... Sans parler des taux d'intérêt appliqués à l'éventuel emprunt nécessaire pour le financement des travaux et des effets de l'inflation...
Il n'est évidemment pas facile d'intégrer l'ensemble de ces données mais le recours à des spécialistes.

Le confort des occupants est évidemment amélioré puisqu'il n'y a plus aujourd'hui de fuites et que "l'ambiance" dans les locaux situés sous la toiture est beaucoup moins "variable".

FICHE D'EVALUATION FINANCIERE *DONNEES DE BASE*	
Superficie de toiture (m2)	
Epaisseur de l'isolant(mm)	
Coefficient de la toiture	
SURCOUT BRUT DE L'ISOLATION(SBI)	
Fourniture isolant (DT)	
Fourniture Pare-vapeur(DT)	
Pose pare-vapeur(DT)	
Pose isolant(DT)	
Total(DT)	
ECONOMIE ESTIME SUR L'INVESTISSEMENT DES EQUIPEMENTS(EEIE)	
Source Initiale(DT) *(ss isolant)* (Puissance Totale installée)	
Source Installée(DT) *(avec isolant)* *(Puissance Totale installée)*	
Nombre total de radiateurs(DT) *(ss isolant)*	
Nombre total de radiateurs(DT) *(avec isolant)*	
Nombre total d'éléments(DT) *(ss isolant)*	
Nombre total d'éléments(DT) *(avec isolant)*	
Longueur totale de la tuyauterie(DT) *(ss isolant)*	
Longueur totale de la tuyauterie(DT) *(ss isolant)*	
Coût de la M.O(DT) *(ss isolant)*	
Coût de la M.O (DT) *(avec isolant)*	
ECONOMIE TOTALE SUR LE COUT DES EQUIPEMENTS (DT)	
SURCOUT NET DE L'ISOLATION (SNI) SNI= SBI-EEIE	
SNI (DT) Surcoût Net de l'Isolation	
ECONOMIE SUR LA CONSOMMATION ENERGETIQUE (ECE)	
Consommation annuelle prévisionnelle *(ss isolant)*	
Consommation annuelle prévisionnelle *(avec isolant)*	
ECONOMIE ANNUELLE D'ENERGIE (DT)	
TEMPS DE RETOUR SUR L'INVESTISSEMENT (TRI) TRI=SNI / ECE	
TRI (ans) Temps de retour sur l'investissement	



Pour conclure

Nous espérons qu'après la lecture de ce paragraphe, vous accorderez vous aussi plus d'attention aux toitures plates qui vous protègent.

En effet, il est temps que ces surfaces qui constituent la cinquième façade d'un immeuble, ne soient plus traitées en parent pauvre. Parce qu'elles jouent un rôle important dans le "confort global" que peut procurer un bâtiment à ses occupants, elles devraient dorénavant faire l'objet d'études sérieuses lorsqu'il s'agit d'investir dans leur remise à neuf et de soins particuliers tant pour leur entretien que pour les éventuelles réparations à y réaliser.

Vous avez pu constater d'une part que le problème est complexe et qu'il mérite d'être pris très au sérieux et, d'autre part, que la variété des produits et des techniques disponibles, résultat d'une évolution rapide dans le domaine de la chimie, permet d'apporter une réponse adéquate à chaque problème.

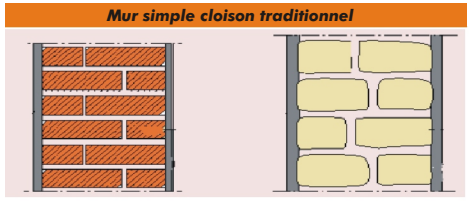
Aussi, avant de faire votre choix, comparez différentes solutions et faites appel à différents entrepreneurs spécialisés. Pour obtenir de leur part des devis clairs et comparables, il faut préalablement avoir bien cerné les solutions que vous jugez intéressantes. C'est à ce niveau que les **conseils d'un architecte ou d'un ingénieur compétent dans ce domaine peuvent se révéler très précieux.** Ils pourront vous aider à traiter le problème de manière globale et à choisir des techniques et produits compatibles.

Nous signalerons aussi que, au même moment de la rédaction de ce document, l'organisme de tutelle a lancé une étude pour la mise en place de mécanismes de financement visant à résorber les frais occasionnés par les surcoûts relatifs aux améliorations des bâtiments résidentiels neufs.

Compositions des murs de façade

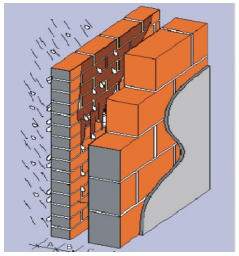
Les murs de façade en simple-cloison traditionnels se composent le plus souvent (de l'intérieur vers l'extérieur) :

- D'un enduit mural à base de chaux et/ou de ciment de 1,5 à 2cm d'épaisseur;
- D'une maçonnerie en briques 12 trous posées à plat. Pour des constructions plus anciennes, les briques peuvent être remplacées par des moellons de pierre naturelle; dans ce cas, l'épaisseur des murs est fréquemment supérieure à celle des maçonneries de briques;
- D'un revêtement extérieur éventuel constitué par un enduit à base de chaux ou de ciment (épaisseur =2 cm).



En briques *En pierre*

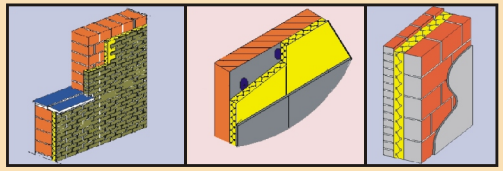
Les murs de façade en double-cloisons traditionnels se composent le plus souvent (de l'intérieur vers l'extérieur) :



Mur double cloisons traditionnel

- La paroi interne enduite (coté intérieur du logement) : Cette partie de la façade joue le rôle de barrière à l'air et permet une mise en équilibre des pressions de part et d'autre de la paroi externe.
- La coulisse remplit la fonction de rupture capillaire et de chambre de décompression. Elle empêche que l'eau qui a traversé la paroi externe soit transportée vers l'intérieur et permet à cette eau de s'écouler sur la face interne de la paroi externe.
- La paroi externe enduite (coté extérieur du logement) ou parement: Elle joue le rôle d'écran contre les pluies battantes, mais n'offre pas une étanchéité totale.

Rappelons que l'isolation est utile dans le cas où l'atmosphère intérieure étant plus confortable que l'extérieur, on veut freiner les échanges de chaleur entre ces deux milieux. Elle n'est pas bénéfique dans les cas où l'ambiance extérieure est plus agréable que l'intérieure (exemple : les nuits d'été).



Mur simple cloison isolé de l'extérieur avec un revêtement en briques de Tozeur

Mur simple cloison isolé de l'intérieur

Mur double cloison avec isolant dans la coulisse

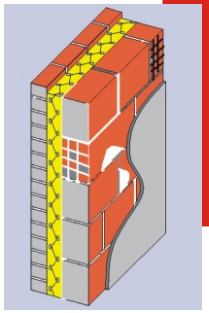
Dans la construction neuve, l'isolation extérieure est beaucoup plus intéressante que l'isolation intérieure car :

- *elle permet de profiter de la capacité thermique des matériaux pour stocker l'excès de calories ou de « frigories »*
- *elle permet d'éviter les ponts thermiques ;*

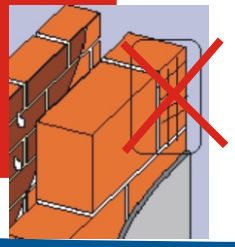
Conseils

- Un isolant ne doit jamais être posé sur une paroi présentant des signes d'humidité. Les causes d'humidité sont généralement difficiles à identifier. Il vaut mieux faire appel à un professionnel pour décider des travaux à réaliser.
- Il faut protéger l'isolant avec un pare-vapeur : certains matériaux isolants (fibres minérales surtout) vulnérables à la vapeur d'eau sont équipés sur l'une des deux faces d'un pare-vapeur en papier kraft, aluminium ou autre. Celui-ci est destiné à empêcher la vapeur d'eau de se condenser à l'intérieur de l'isolant et de stagner. Ce pare-vapeur est indispensable et doit être placé du côté chaud, c'est-à-dire vers l'intérieur du logement.
- En cas de double cloison, la plus lourde des deux cloisons doit être placée du côté intérieur ; cela permet d'augmenter l'inertie utile du mur.
- En cas de double cloison avec lame d'air, il est essentiel que la lame d'air

Attention !



- *Les joints entre les briques doivent être correctement exécutés pour réduire les ponts thermiques et les infiltrations d'eau.*
- *Il faut absolument veiller à ce qu'il n'y ait pas de briques disposées transversalement par rapport aux autres (avec les trous perpendiculaires au mur) ; cela créerait des ponts thermiques supplémentaires avec des risques de condensation.*



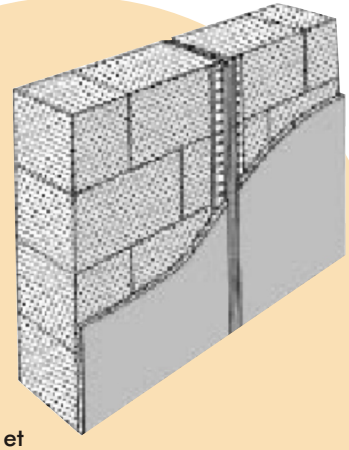
Le tableau ci-dessous donne la composition et le coefficient K (inverse de la résistance R) de cinq compositions de murs différentes, ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients. Les murs 1 , 2 et 4 sont couramment utilisés en Tunisie.

Les murs 3 et 5 sont isolés, ce qui n'est pas encore une pratique très courante. Une épaisseur de 4 à 5 cm d'isolant est suffisante pour les murs dans notre climat.

INTITULÉ	DESCRIPTION	COMPOSITION PRÉCISE (de l'int. vers l'ext.)	e (Cm)	K W/m²°C	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Mur 1	Brique 12 tours	Mortier bâtard Brique 12 tours Mortier ciment	2 15 2,5	1,90	Très bon marché Bonne évacuation de la chaleur durant les nuits d'été Epaisseur faible: espace habitable plus grand	Déperditions importantes de la chaleur l'hiver, surtout pour logement chauffé peu d'inertie
Mur 2	Double cloison de briques	Brique 12 tours Lame d'air Briques plâtrières Mortier ciment	15 4 6,5 2,5	1,21	Assez bon marché Assez bonne résistance thermique Assez bonne conservation de la chaleur l'hiver Assez bonne évacuation des calories l'été	Pour un logement chauffé on continu l'hiver: pertes d'énergie Inertie faible
Mur 3	Double cloison avec isolant	Mortier bâtard Briques 12 trous Isolant Briques plâtrières	2 15 4 6,5	0.59	Bonne résistance thermique (K faible) s bonnes performances l'hiver et les journées d'été	Coût assez élevé L'isolant empêche l'évacuation de la chaleur durant les nuits d'été Performances d'été moins bonnes que mur 1 ou 2
Mur 4	Mur en pierre	Mortier ciment Pierres de taille Mortier ciment	2,5 40 2,5	2.04	Grande capacité de stockage Excellentes performances l'été	Coût élevé Résistance thermique faible Mauvaises performances l'hiver
Mur 5	Double cloison: pierre, brique et isolant	Mortier ciment Pierres de taille Isolant Briques plâtrières Mortier ciment	2,5 30 4 6,5 2,5	0.63	Excellentes performances été et hiver	Très coûteux Encombrement important dû à l'épaisseur

Solutions alternatives

Murs à isolation répartie



Il s'agit de murs réalisés en blocs de béton cellulaire préfabriqués et auto-clavés. Celui-ci est obtenu en usine en ajoutant de la poudre d'aluminium à un mélange ciment + chaux + sable fin + eau. Au contact de la chaux, la poudre d'aluminium produit de petites bulles d'hydrogène, qui ont un pouvoir isolant. Du fait de leur légèreté, les blocs de béton cellulaire sont grands, ce qui facilite leur montage. Le coefficient de conductivité thermique moyen des murs en blocs de béton cellulaire est de l'ordre de 0,20 W/m°C et leur inertie est moyenne ou forte, ce qui est intéressant en cas de chauffage continu et durant l'été. C'est le bloc de construction maçonnée qui présente la meilleure résistance thermique. Il est très hydrophile et perméable à la vapeur d'eau ; il doit être recouvert d'un enduit hydrofuge imperméable à l'eau. L'utilisation de ces blocs pour des cloisons intérieures est à déconseiller parce qu'ils transmettent le bruit entre les locaux.

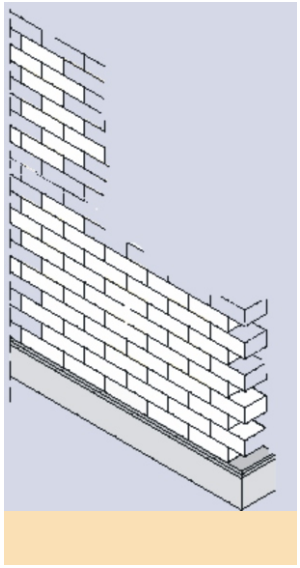
Murs à isolation intégrée

Ces blocs sont constitués de trois couches reliées entre elles :

- Un élément de maçonnerie intérieur,
- Un isolant en polystyrène extrudé,
- Un élément de maçonnerie extérieur plus mince.

Il s'agit donc d'un procédé d'isolation extérieure, avec les avantages qui en découlent.

Les cloisons intérieures



Les cloisons intérieures ne causent pas de pertes de chaleur ou de pertes de froid, puisqu'elles ne sont pas en contact avec l'ambiance extérieure. En revanche, elles peuvent servir à stocker :

- les apports solaires qui pénètrent par les fenêtres durant l'hiver
- le froid qui pénètre par ventilation nocturne durant l'été.

De ce fait, on ne recherchera pas une qualité de résistance thermique pour ces parois, mais plutôt une bonne capacité thermique. Il faut voir que les **deux faces** de ces cloisons sont en contact avec l'air ambiant, ce qui fait qu'à capacité thermique égale, elles sont plus efficaces que les parois extérieures pour le stockage-déstockage du froid et du chaud.

Les cloisons couramment utilisées en Tunisie sont :

- les briques creuses
- les carreaux de plâtre
- les plaques de plâtre cartonnées et assemblées par carton alvéolaires *(exemple Placoplâtre)*

Ci-dessous la grille de comparaison

TYPE DE CLOISON	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Briques creuses	Solide	Cher Médiocre isolant phonique Nécessite un temps de séchage des plâtres très long, ralentissant la construction.
Plaques de plâtre cartonnées	Bon marché Souple	Nécessite vis spéciales pour fixation objets lourds. Sous couche de peinture nécessaire avant pose de papier peint.
Carreaux de plâtre		Rigide : des fissures se produisent souvent au tour des portes

Les planchers

- **Les planchers bas** ne sont pas le siège de transfert de chaleur sur leur partie surfacique, parce qu'à la longue, le terre-plein sur lequel ils sont posés tend à se mettre à la même température que le logement. Par contre, il peut y avoir des pertes vers l'ambiance extérieure à cause des ponts thermiques se trouvant à la liaison entre le plancher bas et les murs.

- **Les planchers intermédiaires** non plus ne sont pas le siège de pertes de chaleur ou de froid sur leurs parties surfaciques, pour les mêmes raisons que les cloisons intérieures. Mais comme le plancher bas, ils peuvent présenter des ponts thermiques à la liaison avec les murs. L'isolation extérieure de ces derniers permet d'éliminer ces ponts thermiques.

Le plancher bas et les planchers intermédiaires sont très utiles comme élément de stockage-restitution de la chaleur ou du froid.

Durant l'hiver, ils reçoivent généralement une part importante du rayonnement solaire transmis par les fenêtres et les baies vitrées ; une couleur foncée de leur revêtement favorisera l'absorption de ce rayonnement.

En Tunisie, le plancher bas est généralement constitué *(à partir du bas)* :
- d'une couche de hérissons (15 cm),
- d'une couche de béton (5 cm)
- d'un lit de sable (3 cm),
- d'une couche de mortier de ciment qui reçoit les carreaux de mosaïque.

Les planchers intermédiaires sont faits de corps creux en terre cuite, semblables à ceux des toitures, surmontés d'une chape en béton, du mortier et des carreaux.

Les planchers intermédiaires en dalle pleine de béton sont également utilisés. Cette dernière solution est plus coûteuse, mais elle est préférable pour son inertie élevée. En effet, l'inertie est plus précieuse pour un plancher que pour une toiture, car le plancher reçoit en hiver la plus grande part des apports solaires qui pénètrent par les vitrages.

Attention !

Pour que le plancher puisse jouer son rôle de stockage, il ne faut pas le recouvrir d'une moquette ou de tapis : en effet ces éléments qui sont isolants empêchent la chaleur ou le froid de pénétrer dans la masse du plancher.

Les fenêtres et portes extérieures

Cette partie compare les différents modèles et matériaux de fenêtres et de protections mobiles (stores, persiennes..). Pour des conseils sur la répartition des fenêtres, leurs dimensions, leur orientation et les brise-soleil, voir la partie « Conception ».

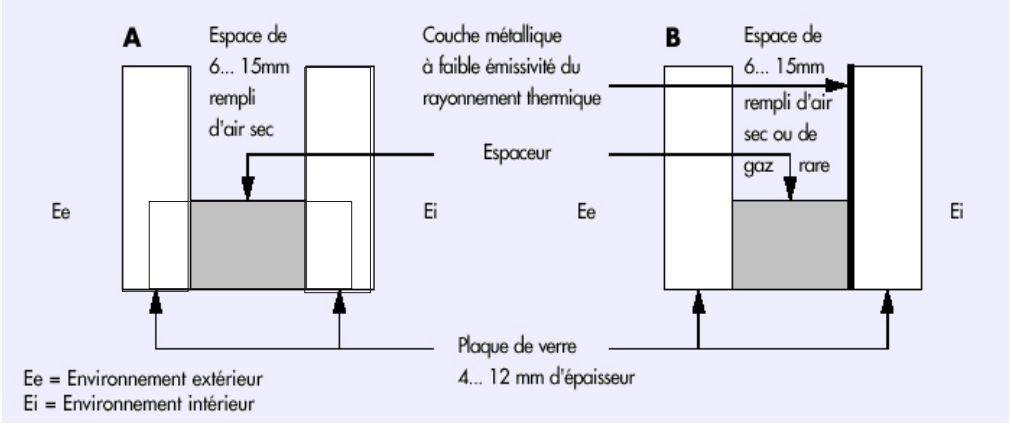
Vocabulaire :
- **Ouvrant :** partie mobile de la fenêtre
- **Dormant :** partie fixe de la fenêtre (*châssis*).

Matériaux de menuiserie

MATERIAU	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Le Bois	Bon marché Très bonnes performances pour l'isolation thermique Convient aux baies vitrées	Entretien régulier nécessaire Etancheité moyenne
Le PVC	Assez bon marché Bonnes performances thermiques Bonne étancheité	Profilés plus épais Peu adapté aux grandes baies vitrées car faible résistance mécanique
L'aluminium	Profilés esthétiques, bonne durabilité Bien adapté aux grandes baies vitrées Bonne étancheité	Cher Mauvaise résistance thermique

Type de vitrages

TYPE DE VITRAGE	DESCRIPTION	Coefficient K ($W/m^2 \cdot C$) Moyenne jour-nuit	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
Simple vitrage	Un vitrage de 4mm	4.5	Bon marché	Faible résistance thermique Effet de paroi froide l'hiver et de paroi chaude l'été
Double vitrage standard	2 plaques de verre de 4mm séparées par une lame d'air de 12mm	2.85	Pertes de chaleur réduites d'environ 40% par rapport à un simple vitrage	Plus cher que le simple vitrage
Double vitrage faiblement émissivité	Comporte un revêtement spécial qui a température égale diminue la chaleur perdue vers l'extérieur	1.7 à 1.9	Pertes de chaleur réduites d'environ 30% par rapport à un double vitrage standard	Un peu plus cher que le simple double vitrage standard


A
Espace de
6... 15mm
rempli
d'air sec
Couche métallique
à faible émissivité du
rayonnement thermique
Espaceur
B
Espace de
6... 15mm
rempli d'air
sec ou de
gaz rare
Ee
Ei
Ee
Ei
Plaque de verre
4... 12 mm d'épaisseur
Ee = Environnement extérieur
Ei = Environnement intérieur

Spécificités du climat tunisien

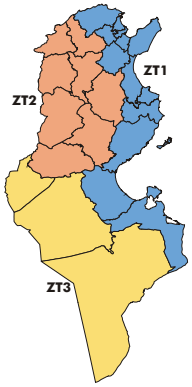
Le climat tunisien est doux et tempéré ; il est donc assez facile d'obtenir une ambiance intérieure confortable en toute saison, moyennant le respect de certains principes et l'utilisation - modérée - d'énergie pour le chauffage et la climatisation.

Mais contrairement à d'autres latitudes, c'est un climat qui présente une double problématique : ***Nécessité d'éviter les rigueurs du froid durant l'hiver, mais aussi les excès de chaleur durant l'été.***

Concernant les choix de conception, les exigences d'été et d'hiver sont quelquefois en accord, d'autres fois en contradiction.

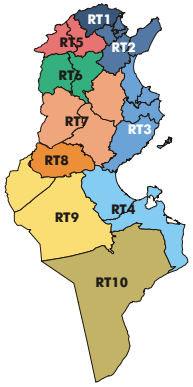
Il faut alors être très prudent quant aux recommandations présentées pour d'autres latitudes.

Cette dualité de l'exigence de confort nécessite de bien comprendre les avantages et les inconvénients de chaque solution technique, afin de choisir le meilleur compromis par rapport à vos critères spécifiques.



ZONAGE CLIMATIQUE DE RECOMMANDATIONS

ZT 1	La zone méditerranéenne
ZT 2	Les hauts plateaux du Nord
ZT 3	Les hauts plateaux du Sud



RT 1	Les plateaux du Nord-Est *Gouvernorat de Bizerte*
RT 2	Les plaines du Nord-Est *Gouvernorats de Tunis, Ariana, Ben Arous Manouba, Zaghouan et nabeul*
RT 3	Les plaines du Centre-Est *Gouvernorats de Sousse, Monastir, Mahdia et Sfax*
RT 4	Les plaines du Sud-Est *Gouvernorats de Gabès et de Médenine* *(non inclues les Délégations de Médenine Centre ville et de Matmata)*
RT 5	Les plateaux du Nord-Est *Gouvernorats de Béjà et Jendouba*
RT 6	Les montagnes du Nord-Ouest *Gouvernorats du Kef et de Siliana*
RT 7	Les plaines du Centre-Ouest *Gouvernorats de Kairouan, Kasserine et Sidi Bouzid*
RT 8	Les plateaux et les montagnes du Sud-Ouest *Gouvernorat de Gafsa*
RT 9	Les oasis de montagne du Sud *Gouvernorat de Tozeur et Kebili*
RT 10	Les plaines désertiques du Sud *Gouvernorats de Tataouine et les Délégations de Médenine Centre ville et de Matmata)*

ZONAGE CLIMATIQUE REGLEMENTAIRE

Problématique d'hiver

La température de confort dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels l'activité de l'occupant et la nature de ses vêtements. Pour une activité résidentielle et des vêtements d'hiver, elle se situe entre 18°C et 20°C.
La température extérieure est très généralement inférieure à cette valeur durant la saison d'hiver. Il s'ensuit un flux de chaleur de l'intérieur (plus chaud) vers l'extérieur (plus froid). La fonction du chauffage est de fournir une quantité d'énergie égale à ces déperditions, afin de permettre le maintien de la température de consigne.
En hiver, les apports qu'on appelle "gratuits" sont bénéfiques et permettent de réduire le besoin de chauffage. Il s'agit des apports internes et des apports solaires. Les apports internes sont les quantités de chaleur produites dans le logement: chaleur dégagée par les occupants, les éclairages, la cuisson des aliments ou les appareils électroménagers. Les apports solaires pénètrent dans le logement, soit à travers les parois vitrées, soit à travers les parois opaques.
Nous savons par observation quotidienne que durant l'hiver, le soleil n'est jamais très haut dans le ciel (même en plein midi) et que ses rayons sont proches de l'horizontale. A Tunis, la hauteur du soleil à midi TSV (temps solaire vrai) est de l'ordre de 30° seulement le 21 décembre. Il s'ensuit qu'en milieu de journée, quand le soleil est vers le Sud, les rayons solaires frappent les façades Sud (et proches du Sud) avec un faible angle d'incidence parce qu'elles sont verticales. Ces façades reçoivent alors beaucoup plus d'irradiation solaire qu'une surface horizontale. Elles sont donc favorables au placement de baies vitrées qui pourront capter ces apports solaires bénéfiques.

STRATEGIE DU CHAUD APPLICATION EN HIVER

Le jour *La nuit*

Capter l'énergie solaire
Créer des ouvertures côté soleil pour largement en recevoir l'énergie.

Stocker dans la masse
Les matériaux lourds placés à l'intérieur du bâtiment apportent une inertie thermique qui permet à celui-ci de stocker l'énergie.

Conserver par l'isolation
Isoler thermiquement l'ensemble des parois entourant le volume chauffé afin de conserver la chaleur emmagasinée dans l'air et dans les parois.

Distribuer
Répartir la chaleur accumulée dans l'air et dans les parois lourdes, la nuit .

Spécificités du climat tunisien

Problématique d'été

Pour une activité résidentielle et des vêtements d'été, la température de confort se situe entre 26°C et 28°C. La température extérieure est généralement supérieure à cette valeur durant le jour: de la chaleur (indésirable) va donc pénétrer dans le logement à travers ses parois. Cette chaleur va chauffer l'air intérieur, mais aussi les parois du bâtiment et sa structure. La fonction des climatiseurs est de fournir du froid pour ramener l'air à la température plus basse que l'on souhaite. On a intérêt pendant le jour à " isoler " le bâtiment de son environnement. Mais pendant la nuit, la situation est différente. Pour la plupart des régions de la Tunisie, la température extérieure durant la nuit est généralement inférieure à la température de confort souhaitée (elle est de l'ordre de 23°C). Pendant la nuit, ce n'est pas l'environnement extérieur qui chauffe l'air intérieur, mais ce sont les parois du bâtiment qui le réchauffent en relâchant la chaleur qu'elles ont accumulée pendant le jour ! Il n'est pas question dans ce cas de chercher à s'isoler de l'environnement. Bien au contraire, la pratique qui consiste à ventiler le plus possible le logement durant la nuit, cherche à tirer parti, très judicieusement, de la fraîcheur nocturne ..
Contrairement à l'hiver, les apports gratuits sont indésirables en saison chaude et contribuent à augmenter les besoins de rafraîchissement. En été, la course du soleil est plus longue durant une journée et il monte bien plus haut dans le ciel (la hauteur du soleil à midi TSV à Tunis est proche de 70° le 21 juin). En milieu de journée, une surface horizontale est alors très fortement exposée à l'irradiation solaire plus intense en cette saison. Mais du fait de la quasi verticalité des rayons en milieu de journée, ils ne frappent pas de front les surfaces verticales Sud (et proches du Sud) devant lesquels ils se trouvent ; l'irradiation que ces surfaces reçoivent est alors très modérée. En revanche, en milieu de matinée et d'après-midi, lorsque le soleil se trouve à l'Est puis à l'Ouest, il est bas à l'horizon, et ses rayons frappent donc de front des surfaces verticales Est et Ouest. Il faut retenir que l'été, les surfaces horizontales, verticales Est et Ouest sont très exposées aux rayons solaires et doivent en être protégées. Les surfaces verticales Sud sont bien moins exposées l'été et bien mieux l'hiver ; elles sont donc favorables.

STRATEGIE DU CHAUD APPLICATION EN ETE

Le jour

La nuit

Protéger du rayonnement solaire
Protection des baies par des volets et des stores.
Végétation à feuilles caduques au sud.

Dissiper les surchauffes
Par ventilation diurne

Refroidir
Par ventilation

Facteurs influant sur la qualité de votre logement

Les grands choix que vous serez amené à faire et qui ont une incidence importante sur les performances énergétiques de votre logement concernent les aspects suivants :

- la conception du bâtiment
- les matériaux et les techniques de construction
- les installations
- la gestion du bâtiment et des équipements

La suite de ce guide comporte quatre parties donnant des explications, des conseils et des recommandations concernant chacun de ces aspects.
Les avantages et les inconvénients de différentes solutions sont présentés, souvent dans des tableaux comparatifs.
Ces tableaux ne constituent nullement une liste exhaustive de toutes les solutions possibles
A travers des exemples choisis parmi les solutions les plus couramment utilisées, ils vous sensibilisent aux aspects positifs et négatifs à prendre en compte lors de la conception, dans l'objectif de bénéficier d'une ambiance intérieure la plus confortable possible, pour un coût modéré.